



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département des sciences biologiques



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biochimie appliquée

Présenté par

M^{me} ALLAOUI Safia

M^{elle} BEKIRI Fatiha

Thème

**Contribution à l'étude des polysaccharides de deux plantes
spontanées récoltées au Sahara septentrional Est Algérien
(région d'El Oued)**

Soutenu publiquement

Le: 25/06/2018

Devant le jury :

Président	BOUAL Zakaria	MCA	U.K.M Ouargla
Examineur	MOSBAH Saïd	MAA	U.K.M Ouargla
Encadreur	OULD EL HADJ Mohammed Didi	Professeur	U.K.M Ouargla
Co-encadreur	MEHELLOU Zineb	MA	U.K.M Ouargla

Année universitaire : 2017/2018



Remerciements



*Nous tenons tout d'abord
à remercier ALLAH «le tout Puissant » de nous avoir accordé la force et
le courage afin de réaliser ce modeste travail,*

*Nous exprimons notre plus vive reconnaissance à nos promoteurs
Monsieur **OULD EL HADJ Mohamed Didi**, Professeur au département
des Sciences Biologiques à la Faculté **des Sciences de la Nature et de la
Vie de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla**, pour nous avoir offert
l'opportunité de réaliser ce travail et de bien vouloir accepter de le
diriger.*

*Nos sentiments de reconnaissance vont à notre co-promotrice,
Mademoiselle **MEHELLOU Zineb** que nous remercions
chaleureusement pour votre gentillesse, votre écoute et votre
disponibilité, de nous avoir guidé et bien orienté tout au long de la
réalisation de ce mémoire.*

*Nous présentons nos remerciements les plus sincères à, Monsieur
BOUAL Zakaria Maître de conférences A au département des sciences
biologiques à la faculté des sciences de la nature et de la vie de
l'université Kasdi Merbah-Ouargla, vous qui nous faites l'honneur de
présider ce jury. Nous vous adressons notre gratitude pour vos efforts,
votre guide, votre disponibilité et votre patience au cours de ce travail.*

*Nous présentons nos remerciements les plus sincères à Monsieur
MOSBAH Saïd Maître assistant au Département des sciences
biologiques à la faculté des sciences de la nature et de la vie de*

l'université Kasdi Merbah-Ouargla, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions le laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides, pour nous avoir fourni les moyens matériels nécessaires à l'expérimentation, ayant permis la réalisation du présent travail.

*Nous remercions le Laboratoire d'analyse médical «**IBN ROCHD**» à Ghardaïa, et en particulier son Directeur, Dr. AMMI SAÏD Mustapha de nous avoir accueilli au sein du Laboratoire.*

*Nous remercions l'équipe de doctorantes **YOMBAI Asma et ADDOUN Noura, CHAKOU Fatma Zohra.***

Enfin, tout ceci n'aurait pas été possible sans le soutien de nos parents, tous les membres de nos familles ainsi que les amis, bien qu'ils l'ignorent sûrement, nous espérons que ces quelques mots répareront cette erreur.



Dédicace

*Je dédie ce modeste travail qui grâce à l'aide de Dieu
À mes chers parents, mon père et ma mère qui n'ont jamais
cessé de me Soutenir et de m'encourager non seulement dans
la réalisation de ce travail mais dans toute ma vie
À mon marie **SANDALI ABDEDJALIL**, qui m'encourage
toujours et me soutenait leur présence auprès de moi, merci
pour votre patience,
Et la famille de mon marie,
À ma belle mère,
À ma sœur et mes frères,
À mes belles sœurs et beaux frères,
À toute ma famille,
À ma binôme et ma sœur **BAKIRI FATIHA**, je vous
souhaite de continuer vos études,
À mes amies précisément **Hadjar, Noussaïba, Meriem,
Salma, Nacira**,
À mes enseignants et enseignantes,
À mes collègues de travail,
À tous les collègues de près et de loin,
Toutes mes collègues étudiantes de la promotion 2ème année
Master Biochimie appliquée 2018,
À tous ceux qui m'ont aidé pour accomplir ce modeste
travail.*

ALLAOUI Safia

Dédicaces

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce travail :

*Mon fiancé **Abidli Ammar** et sa famille pour son appui moral, son aide, les conseils et tes encouragements tout le long de ce travail.*

Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance et de courage.

Tous les membres de ma famille, petits et grands.

*À ma binôme et ma sœur, **ALLAOUI Safia**, à mes chères ami(e)s **Chahera, Sakina, Hadjar, Noussaiba, Meriem, Salma, Nacira, Yamina, Salma.***

*À tous mes professeurs particulièrement pr. **OULD EL HADJ MOHAMED DIDI** et mon.co-Encadreur **MEHELLOU Zinb.***

À tous qui m'aide pour accomplir ce modeste travail

BAKIRI Fatiha

Liste des abréviations

ADN	l'acide désoxyribonucléique
Ara	L-arabinose,
ARN	Acide ribonucléique
BCA	L'acide 2,2'-bicinchoninique
CCM	Chromatographie sur couche mince
DPPH	1,1' diphenyl-2-picryl hydrazyl
FRAP	Ferric Reducing Antioxydant Power
Gal A	Acide D-galactoronique
Gal	D-galactose
Glc A	Acide D-glucuronique
Glc	D-glucose
HG	Homogalacturonane
HPLC	Chromatographie en phase liquide à haute performance
HW	Extraction à l'eau chaude
Man	D-mannose
m-HDP	Méta-hydroxydiphényl
p-NP	p-Nitrophénol
p-NPGP	p-Nitrophényl- α -D-glucopyranoside
Rf	Rapport frontal
RG-I	Rhamnogalacturonan I
Rha	L-rhamnose
RMN	Résonance magnétique nucléaire
SM	Spectrométrie de masse
TFA	TFA l'acide trifluoroacétique
Xyl:	D-xylose

Liste des tableaux

N°	titre	Page
1	Caractéristiques physicochimiques et origines des produits chimiques utilisés	74
2	Origine et type des appareils utilisés au cours de l'expérimentation	76
3	Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées	77
4	Méthodes des préparations des différentes solutions mères	79
5	Gamme d'étalonnage du glucose 0.001% à 0.01%	79
6	Gamme d'étalonnage d'acide glucuronique 0.001% à 0.01%	80
7	Gamme d'étalonnage de glucose 0.002% à 0.02%	80
8	Gamme d'étalonnage de l'acide gallique 0.001% à 0.01%	80
9	Les rapports frontaux (R_f) des oses étalons et l'extrait polysaccharidique dans les trois systèmes de CCM	83
10	Préparation des solutions et des réactifs de l'activité antidiabétique	84
11	Préparation de dilutions de la solution mère de l'extrait polysaccharidique	84

Liste des photos

N°	titre	Page
1	<i>Oudneya africana</i> R. Br. à M'Rara (El Oued, Algérie)	17
2	<i>Ephedra alata</i> DC. (El Oued, Algérie)	18
3	Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts des feuilles d' <i>Oudneya africana</i> (OAL)	33
4	Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts des fruits d' <i>Oudneya africana</i> (OAF)	33
5	Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts des fruits d' <i>Ephedra alata</i> (EAL)	33

Liste des figures

N°	titre	Page
1	Protocole d'extraction des polysaccharides hydrosolubles	20
2	Rendements des extraits de polysaccharides bruts de feuilles, des fruits d' <i>Oudneya africana</i> et des feuilles d' <i>Ephedra alata</i>	31
3	Composition biochimique des fractions polysaccharidiques	35
4	Chromatogramme issu du système I des hydrolysats des extraits polysaccharidiques OAL, OAF et EAL	38
5	Chromatogramme issu du système II des hydrolysats des extraits polysaccharidiques OAL, OAF et EAL	39
6	Chromatogramme issu du système I des hydrolysats des extraits polysaccharidiques OAL, OAF et EAL	40
7	Pourcentages d'inhibition du radical DPPH [•] par les fractions polysaccharidiques OAL, OAF et EAL	44
8	Pourcentages d'inhibition (%) de l' α -D-glucosidase en présence de l'acarbose ou des extraits polysaccharidiques	47
9	Courbe d'étalonnage pour les oses totaux (DUBOIS, 1956)	81
10	Courbe d'étalonnage des oses neutres (MONSIGNY, 1988)	81
11	Courbe d'étalonnage des oses acides (BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN, 1973)	81
12	Courbe d'étalonnage des oses réducteurs (WAFFENSCHMITD et JAENICKE, 1987)	81
13	Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux (SINGLETON et ROSS, 1965)	82
14	Courbe d'étalonnage de l'activité de piégeage des radicaux DPPH d'acide ascorbique	82

Liste des annexes

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques physicochimique et origine des produits chimiques utilisés	72
2	Origine et types des appareils utilisés au cours de l'expérimentation	74
3	Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées.	75
4	Méthodes des préparations des différentes solutions mères et les différentes gammes étalons	77
5	Courbes d'étalonnage des compositions biochimiques	79
6	Rapports frontaux (R_f) des oses étalons et l'extrait polysaccharidique (APS) dans les trois systèmes de CCM	81
7	Préparation des solutions et des réactifs de l'activité antidiabétique	82

Table de matière

Remerciements	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Listes des annexes	
Introduction.....	02

Chapitre I.- Partie bibliographique

I. Généralité sur les polysaccharides.....	05
I.1.-Polysaccharides végétaux.....	06
I.1.1.-Polysaccharides de réserve.....	06
I.1.1.1.-Amidon.....	06
I.1.1.2.-Fructanes.....	07
I.1.1.3.-Galactomannanes	07
I.1.2.-Polysaccharides de structure.....	08
I.1.2.1.-Cellulose.....	08
I.1.2.2.-Pectines.....	08
I.1.2.3.-Hémicelluloses.....	08
I.1.3.-Exsudats et mucilages.....	09
I.1.3.1.-Exsudats.....	09
I.1.3.1.1.-Gomme de caroube.....	09
I.1.3.1.2.-Gomme de guar.....	09
I.1.3.2.-Mucilages.....	10
I.1.3.2.1.-Mucilage de psyllium.....	10
I.1.3.2.2.-Mucilage de chia.....	11
I.2.-Activités biologique des polysaccharides.....	11
I.2.1.-Activités anti-oxydantes.....	12
I.3.2.- Activités antidiabétiques.....	13

Chapitre II.- Matériel et méthodes

II.1.-Présentation de la région d'étude.....	15
II.2.-Principe d'étude.....	15
II.3.-Matériel d'étude.....	15

II.3.1.-Matériel biologique.....	16
II.3.1.1.-Choix des plantes.....	16
II.3.1.1.1.- <i>Oudneya africana</i> R. Br.....	16
II.3.1.1.1.1.-Position botanique.....	17
II.3.1.1.1.2.-Répartition géographique.....	17
II.3.1.1.1.3.-Récolte et parties étudiées.....	18
II.3.1.1.2.- <i>Ephedra alata</i> DC.....	18
II.3.1.1.2.1.-Position botanique.....	19
II.3.1.1.2.2.-Répartition géographique.....	19
II.3.1.1.2.3.-Récolte et parties étudiées.....	19
II.4.-Etude des polysaccharides	19
II.4.1.-Extraction des polysaccharides.....	19
II.4.2.-Composition des extraits polysaccharidiques.....	21
II.4.2.1.-Dosage des oses totaux.....	21
II.4.2.2.-Dosage des oses neutres	21
II.4.2.3.-Dosage des oses acides.....	22
II.4.2.4.-Dosage des sucres réducteurs.....	23
II.4.2.5.-Dosage des polyphénols totaux.....	23
II.5.-Caractérisation des polysaccharides.....	24
II.5.1.-Hydrolyse acide des extraits bruts.....	24
II.5.2.-Chromatographie sur couche mince (CCM).....	25
II.6.-Activités biologiques des polysaccharides.....	27
II.6.1.-Activité antioxydante.....	27
II.6.1.1.-Test de la réduction du radical 2,2'-diphenyl picrylhydrazyl (DPPH).....	28
II.6.2.-Activité antidiabétique.....	28
II.6.2.1.-Test d' l'inhibition de l'enzyme α -D-glucosidase.....	29

Chapitre III.- Résultats et discussion

III.1.-Rendement d'extraction des polysaccharides.....	31
III.2.- Caractérisation des extraits polysaccharidiques.....	34
III.2.1.- Caractérisation quantitative des extraits polysaccharidiques.....	34
III.2.2.- Caractérisation qualitative des extraits polysaccharidiques.....	36
III.3.-Activités biologiques des polysaccharides.....	43
III.3.1.-Activité anti-oxydante.....	43
III.3.2.-Activité antidiabétique.....	46
Conclusion et perspectives.....	50

Références bibliographiques.....	53
Annexes	
Résumés	

Introduction

Le Sahara, le plus vaste et le plus chaud des déserts du monde, possède dans sa partie Nord, le Sahara septentrional, une végétation diffuse et clairsemée (OULD EL HADJ *et al.*, 2003). Les plantes médicinales constituent un groupe numériquement vaste de plantes économiquement importantes. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), près de 6377 espèces de plantes sont utilisées en Afrique, dont plus de 4000 sont des plantes médicinales, ce qui constitue 60 % de la médecine traditionnelle en Afrique (OMS, 2003). Les propriétés médicinales des plantes sont dues à des produits chimiques. Les plantes synthétisent de nombreux composés appelés métabolites primaires qui sont indispensables à leur existence et une gamme extraordinaire (JUNIO *et al.*, 2011).

Des métabolites primaires aussi peuvent jouer le rôle de principes actifs notamment dans le cas des polysaccharides des espèces végétaux qui sont largement utilisés en pharmacopée traditionnelle (BRUDIEUX, 2007). Les produits naturels, en particulier les plantes médicinales, suscitent l'intérêt pour la découverte de médicaments thérapeutiques car ils présentent une diversité chimique supérieure et sont considérés comme évolutifs pour la fonction biologique (SHEPHERD *et al.*, 2018). Il existe plusieurs études sur les plantes médicinales spontanées dans le nord du Sahara Algérien. Par exemple, les études accompagnées d'analyses chimiques et d'autres travaux sur et les activités biologiques (MAHBOUB *et al.*, 2017).

Les polysaccharides sont des macromolécules importantes par leurs effets thérapeutiques remarquables dans différents types de maladies traitées par les herbes, utilisées en médecine traditionnelle à travers le monde (BOUAL *et al.*, 2015). Les polysaccharides isolés à partir des plantes sont largement étudiés afin de comprendre la relation entre les caractéristiques physico-chimiques et leurs activités biologiques. La plupart des polysaccharides isolés à partir de plantes médicinales ont des propriétés spécifiques telles que les pectines qui possèdent immunomodulateurs, modulant le complément et anti-inflammatoires (WU *et al.*, 2007).

Les polysaccharides végétaux ont attiré l'attention des chercheurs en médecine en raison de leurs effets biologiques tels que anti-oxydant, immunomodulateur, antidiabétique et anti-tumoral (KANG *et al.*, 2017). Ils sont apparus comme une classe importante de produits naturels bioactifs et largement utilisés dans les produits pharmaceutiques, les biomatériaux, les additifs alimentaires et la nutrition (LUKOVA *et al.*, 2017).

Lepidium meyenii (maca), est une plante appartenant à la famille des Brassicacées. C'est une plante indigène au Pérou, en Afrique du Sud. Elle a été utilisée comme aliment dans ces régions depuis plus de 2000 ans. Les polysaccharides extraits de *Lepidium meyenii* ont des nombreuses

activités biologiques telles que l'activité anti-oxydante et l'activité immunomodulatrice (LI *et al.*, 2017a).

LIANG *et al* (2018) rapportent que la plante *Ephedra sinica* de la famille des Ephedraceae, est l'une des plus importantes en médecines traditionnelles. Les polysaccharides d'*Ephedra sinica* ont une activité anti-inflammatoire.

A cet effet, le présent travail s'oriente vers l'étude des polysaccharides hydrosolubles d'*Oudneya africana* de la famille des Brassicaceae et d'*Ephedra alata* de la famille des Ephedraceae, et de leurs effets antioxydant et antidiabétique.

La présente étude est structurée en trois parties complémentaires. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui décrit un aperçu général sur les polysaccharides, en indiquant quelques exemples de polysaccharides végétaux et leurs activités biologiques. Le second chapitre porte sur les techniques expérimentales d'extraction des polysaccharides hydrosolubles à partir de deux plantes choisies, et leurs caractérisations quantitative et qualitative, ainsi que les tests effectués pour évaluer l'activité anti-oxydante et l'activité antidiabétique. Le troisième chapitre présente les principaux résultats obtenus, suivis d'une discussion. Une conclusion générale et des perspectives qui sont un ensemble de réflexions, achèvent ce travail.

*Chapitre I.- Synthèse
bibliographique*

I.-Généralités sur les polysaccharides

Les polymères naturels peuvent être classés en quatre catégories selon les structures telles que les polysaccharides (cellulose, alginate, dextrane, chitosane et pullulane), les protéines (gélatine, albumine, lectine et légumineuse), les polynucléotides (acide désoxyribonucléique ADN, acide ribonucléique ARN) et les polyesters (polyhydroxy alkanoates, acide polylactique et acide polymalique) (HEMAMALINI et GIRI DEV, 2018).

Les oligosaccharides sont des polymères, qui se composent par deux à dix résidus monosaccharidiques avec un faible degré de polymérisation. Ils peuvent être trouvés sous forme libre ou sous forme liée. Ils sont obtenus à partir des sources naturelles, ou produites par des processus chimiques ou des processus enzymatiques (NERI-NUMA *et al.*, 2016; TALENS-PERALES *et al.*, 2016).

Les polysaccharides sont un type de polymère macromoléculaire naturel, qui est habituellement composé de plus de 10 monosaccharides reliées par des liaisons glycosidiques. Ils peuvent être sous forme des chaînes linéaires ou des chaînes ramifiées (YU *et al.*, 2017b). Ils sont largement distribués chez les animaux, les plantes et les micro-organismes (YUAN *et al.*, 2017).

Les polysaccharides peuvent être classés selon leur fonction et leur composition chimique. Concernant la fonction, on distingue les polysaccharides de réserve tels que l'amidon et le glycogène, les polysaccharides de structure tels que la cellulose et la chitine (JIAN *et al.*, 2015), les exsudats (NAVEED *et al.*, 2017) et les mucilage (Ma *et al.*, 2017). Pour la composition chimique, il existe deux types de polysaccharides, soit homo-polysaccharides et hétéro-polysaccharides. Les homo-polysaccharides se composent par un seul type de monosaccharide qui se répète dans la chaîne. Tandis que les hétéro-polysaccharides se composent de deux ou plusieurs types de monosaccharides (XIE *et al.*, 2015).

Les bioactivités et les propriétés fonctionnelles des polysaccharides dépendent principalement de plusieurs paramètres, y compris leurs propriétés physico-chimiques, leur solubilités dans l'eau et même leur structures primaires (FERREIRA, 2015; WANG, 2015a). Les polysaccharides trouvent des applications presque dans tous les domaines. Avec la fonctionnalité des structures polysaccharidiques, il est devenu un matériau important dans le textile, la médecine, la protection de l'environnement, l'industrie alimentaire et pharmaceutique (QILEI *et al.*, 2015).

Des études ont démontré que les polysaccharides ont différents types des activités, tels que l'activité anti-oxydante (XU *et al.*, 2018), l'activité immunomodulatrice (PAN *et al.*, 2018), l'activité antibiotique (TANG *et al.*, 2018), l'activité anti-tumorale (LIU *et al.*, 2018h) et l'activité anticoagulante (LIU *et al.*, 2018f).

I.1.-Polysaccharides végétaux

Au niveau cellulaire, les polysaccharides représentent soit les composés de réserve dans le cytoplasme, soit des composants structuraux de la membrane ou de la paroi cellulaire d'organismes (LEI, 2016). Il est distingué les polysaccharides de réserve (amidon, caroube), les polysaccharides de structures (cellulose, hémicelluloses, pectines), les polysaccharides exsudats et enfin les mucilages (WARRAND, 2004).

I.1.1.-Polysaccharides de réserve

La mise en réserve du D-glucose, une source d'énergie principale pour les cellules, est une nécessité vitale devant ses considérables concentrations intracellulaires (FARJANEL *et al.*, 2012). Les polysaccharides de réserve sont, au titre d'exemple l'amidon (MASINA *et al.*, 2017), les fructanes (LI *et al.*, 2017c) et les galactomannanes (SUN *et al.*, 2018b).

I.1.1.1.-Amidon

L'amidon est un glucide insoluble et non structuré qui se compose par une polymérisation d' α -glucose. Il est synthétisé par les plantes et les algues pour stocker l'énergie dans une forme dense, osmotiquement inerte (BARBARA et SAMUEL, 2016). C'est un polymère biodégradable stocké sous forme de granules dans les plantes. Il est composé de deux types de glucane, soit l'amylopectine et l'amylose. L'amylopectine est une macromolécule ramifiée formée par des molécules de glucose reliées les unes aux autres par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glycosidiques dans les chaînes linéaires et par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 6)-D-glycosidiques aux points de ramification. L'amylose est un polymère linéaire des résidus de glucose liés par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucosidiques (ZHU *et al.*, 2017). L'amylose et l'amylopectine existent comme agrégats semi-cristallins constitués de régions désordonnées. La double hélice formée de l'extérieur les chaînes d'amylopectine sont apparentées aux régions cristallines régulièrement disposés les uns par rapport aux autres en granules. Les régions amorphes sont liées non seulement aux chaînes d'amylose, mais aussi aux points de ramification de l'amylopectine (GARCIA et FRANCO, 2016).

I.1.1.2.-Fructanes

Les fructanes sont des polysaccharides constitués d'unités de fructose liés au résidu de fructosyle ou de glucosyle d'une molécule de saccharose (WANG *et al.*, 2015). Ils peuvent être divisés en deux types communs, lévane et inuline, qui sont reliés par des liaisons β -(2 $\rightarrow$ 6) et β -(2 $\rightarrow$ 1) fructosyle, respectivement (JENSEN *et al.*, 2016). L'inuline est un oligosaccharide de type fructane qui peut être trouvé dans des plantes (APOLINARIO *et al.*, 2014). Comme *Cichorium intybus* de la famille Asteraceae (ZHAN *et al.*, 2017). Il consiste en chaînes linéaires des résidus de D-fructofuranose liés au β -(2 $\rightarrow$ 1) terminés par un résidu de glucose, et qui se présentent comme glucide de réserve dans différentes plantes (ASZTALOS *et al.*, 2012; VAN, 2013). Le lévane est un homopolyfructane qui est produit naturellement par les plantes (SRIKANTH *et al.*, 2015), comme exemples; *Agropyron cristatum*, *Dactylis glomerata*, *Poa secunda* (habituellement trouvés dans leurs tiges et leurs feuilles), *Triticum aestivum*, et *Pachysandra terminalis* (TOMULESCU *et al.*, 2016) ainsi que les micro-organismes comme *Bacillus subtilis* (ÖNER *et al.*, 2016). C'est un homopolymère d'unités de fructose liées principalement par des liaisons β -(2 $\rightarrow$ 6)-D-fructofuranosyle avec des liaisons β -(2 $\rightarrow$ 1) des chaînes de ramification (ÖNER *et al.* 2016; ATES, 2015).

I.1.1.3.-Galactomannanes

Les galactomannanes sont un polysaccharide de réserve composé par des résidus de D-mannose et de D-galactose (NURNADIAH *et al.*, 2017). Leur structure chimique consiste d'une chaîne glucidique de β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-mannopyranosyle aléatoirement substitué par des chaînes latérales d' α -(1 $\rightarrow$ 4) et / ou d' α -(1 $\rightarrow$ 6)-D-galactopyranosyl (MINGZHE *et al.*, 2018; CERQUEIRA *et al.*, 2011; VENDRUSCOLO *et al.*, 2009; SRIVASTAVA et KAPOOR, 2005; DEA et MORRISON, 1975). Ils sont produits par certains champignons comme *Aspergillus fumigatus* (KRYLOV *et al.*, 2018), et certaines plantes de la famille Fabaceae comme *Astragalus gombo* (CHOUANA *et al.*, 2017). La gomme de caroube (locus bean gum, LBG) est un galactomannane naturel extrait des graines du caroubier (*Ceretonia siliqua*), et composé d'une chaîne de β -D-mannopyranose lié en α -(1 $\rightarrow$ 4) avec α -(1 $\rightarrow$ 6)-D-galactose (SOUMYA *et al.*, 2018; JANA et SEN, 2017).

I.1.2.-Polysaccharides de structure

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

I.1.2.1.-Cellulose

La cellulose, un polysaccharide linéaire, contient plusieurs centaines à plusieurs milliers d'unités de D-glucose répétées et liées par des liaisons covalentes de type β -(1 $\rightarrow$ 4) (CIOLACU *et al.*, 2012). La cellulose est le polymère naturel le plus commun dans la nature qui est caractérisée par une biocompatibilité, une biodégradabilité et une réactivité chimique élevée (WALISZEWSKA *et al.*, 2018). Il est utilisé dans la production de carburant, de nourriture, de papier, d'emballage, de nombreux composites de fibres, de matériaux biomédicaux, de cosmétiques et de plastiques, en plus de nombreuses autres utilisations industrielles (SNEHASISH *et al.*, 2016).

I.1.2.2.-Pectines

Les pectines sont un groupe de polysaccharides complexes, hétérogènes ramifiés et hautement hydratés. Ce sont des composants majeurs dans les parois cellulaires végétales et exclusivement situé dans les parois cellulaires primaires (LEE *et al.*, 2016). Les polysaccharides pectiques sont composés de domaines, dont le domaine le plus commun est l'homogalacturonane (HG) qui se compose des résidus d' α -galacturoniques reliés par des liaisons α -(1 $\rightarrow$ 4). Ils peuvent être constitués des groupes méthyle ou acétyle estérifiés à des degrés variables. Le domaine abondant généralement le rhamnogalacturonan I (RG-I), qui consiste d' α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-galacturonosyle et α -(1 $\rightarrow$ 2)-L-rhamnosyle, est lié comme une chaîne principale jusqu'à 80% des résidus Rhap. Comme il peut avoir des chaînes latérales constituées d' α -(1 $\rightarrow$ 5)-L-arabinanes et β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-galactanes et arabino-4-galactanes. Les résidus α -D-galacturonosyles peuvent être acétylés (CHEN *et al.*, 2017).

I.1.2.3.-Hémicelluloses

Les hémicelluloses sont les polysaccharides de la matrice de paroi cellulaire végétale qui possèdent diverses structures linéaires ou ramifiées (KAUR *et al.*, 2017). Ils sont définis comme un groupe des hétéropolysaccharides aux faibles poids moléculaires (AYOUB *et al.*, 2013). Les hémicelluloses appartiennent à un groupe très hétérogène de polysaccharides non cellulotiques

contenant des xylanes, des mannanes, des glucomannanes, des xyloglucanes et des β -(1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4)-glucanes (ANAS *et al.*, 2017). Les hémicelluloses sont principalement composés d'hétéroxylanes, qui ont une chaîne de xylose lié par une liaison β -(1 $\rightarrow$ 4). Les résidus des chaînes latérales sont de différentes unités tels que le L-arabinofyranose ou l'acide 4-O-méthyl-D-glucuronique (PENG *et al.*, 2012).

I.1.3.-Exsudats et mucilages

I.1.3.1.-Exsudats

Les exsudats (ou gommes) sont des polysaccharides hétérogènes complexes et ramifiés, avec un mélange de composants mineurs comme les protéines et les composés phénoliques. Ils contiennent également divers ions métalliques sous forme de cations neutralisés. Ces exsudats ont des applications répandues dans les industries alimentaires. Ces applications sont étroitement liées aux propriétés physicochimiques de chaque molécule de polysaccharide tels que le type des résidus monosaccharidiques, la composition chimique, le poids moléculaire et le degré de ramification (BASHIR *et al.*, 2018). Les exsudats libérés par les plantes peuvent varier selon les genres ou les espèces et trouvent principalement dans la sève, les gommes, les résines et les exsudats de graines ou de racines (IRLLA *et al.*, 2018).

I.1.3.1.1.-Gomme de caroube

La gomme de caroube est un galactomannane naturel extrait des graines du caroubier (*Ceretonia. siliqua*), et composé de chaîne de β -D-mannopyranose lié en α -(1 $\rightarrow$ 4) avec un α -(1 $\rightarrow$ 6)-D-galactose (SOUMYA *et al.*, 2018; JANA et SEN, 2017). C'est un composé bioactif, avec un grand potentiel d'utilisation comme ingrédient fonctionnel dans la production de produits alimentaires (BENKOVIC *et al.*, 2017). La gomme de caroube est ajoutée à une variété de produits pour épaississant, stabilisant ou aromatisant, en plus de plusieurs autres applications dans les industries non alimentaires (EL BOUZDOUDI *et al.*, 2017).

I.1.3.1.2.-Gomme de guar

La gomme de guar est l'endosperme en poudre des graines de *Cyamopsis tetragonolobus* qui est une légumineuse. L'endosperme contient un polysaccharide de type galactomannane, qui est un polymère de D-galactose et de D-mannose. Lorsque il est ajoute à l'eau, ce polymère riche en groupes hydroxyles forment des liaisons hydrogènes qui confèrent une viscosité et un épaississement significatifs à la solution. En raison de ses propriétés épaississantes,

émulsifiantes, liantes et gélifiantes, sa solubilité rapide dans l'eau froide, sa capacité de formation de film et sa biodégradabilité, il trouve des applications dans un grand nombre d'industries (THOMBARE *et al.*, 2016).

Le guar et la gomme de caroube sont des galactomannanes avec des chaînes de mannopyranosyle liées en α (1 $\rightarrow$ 4) et des chaînes latérales de D-galactopyranosyle liées en α (1 $\rightarrow$ 6). Cependant, le deux varient en termes de degré de ramification qui est plus élevé dans la gomme de guar (2: 1) et plus faible dans la gomme de caroube (4: 1) (HAMDANI *et al.*, 2018).

I.1.3.2.-Mucilages

Le mucilage est défini comme une substance gélatineuse ou un type d'hydrocolloïde avec fortes interactions entre les polysaccharides et les protéines (LAI et LIANG, 2012; ZENG *et al.*, 2016). Les mucilages extraits des graines sont des sources d'hydrocolloïdes naturels à faible coût offrant un apport calorique qui en fait un produit idéal pour le développement et même pour l'amélioration des produits de santé. Ils ont des propriétés bénéfiques pour la consommation humaine, ce qui en fait une option pour l'application alimentaire et l'industrie pharmaceutique (ALPIZAR-REYES *et al.*, 2017). Ils ont des nombreuses propriétés tels que l'épaississement, la gélification, la mise en suspension, la fixation ou l'émulsification (GOLKAR *et al.*, 2018). Des exemples des plantes productrices des mucilages, sont *Drosera capensis* de la famille des Droseraceae (TETSUO, 2017) et *Dioscorea opposita* de la famille des Dioscoreaceae (FANYI *et al.*, 2017).

I.1.3.2.1.-Mucilage de psyllium

Le psyllium est le nom commun utilisé pour plusieurs espèces du genre *Plantago*. Bien que le vrai psyllium provient de *Plantago psyllium*, même l'enveloppe et la graine de *Plantago ovata* (Plantaginaceae) sont aussi appelés psyllium. Les graines de psyllium sont utilisés dans le commerce pour la production de mucilage, qui est obtenu à partir du tégument par broyage mécanique de la couche externe de la graine et le rendement s'élève à environ 25% du rendement total en graines (RAO *et al.*, 2017). C'est un Arabinoxylane constitue des chaînes linéaires d'unités de xylose et d'arabinose. Le glucose, le rhamnose, le galactose et les résidus d'acide rhamnosyl-uronique sont également présents comme constituant (KUMAR *et al.*, 2018 ; . RAO *et al.*, 2016).

I.1.3.2.2.-Mucilage de chia

La chia (*salvia hispanica* L.) est une plante herbacée de la famille des Lamiaceae. Le mucilage de graines de chia est un hétéropolysaccharide anionique à haute viscosité même à une faible concentration (DE CAMPO *et al.*, 2017). C'est un polysaccharide avec une chaîne principale constituée des unités tétrasaccharidiques de β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-xylopyranosyl, α -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranosyl, β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-xylopyranosyle avec une ramification de l'acide 4-O-méthyl- α -D-glucuronique située dans la position O-2 du β -D-xylopyranosyle de la chaîne principale. Le rapport du β -D xylose aux monosaccharides α -D -glucose en acide 4-O-méthyl- α -D - glucuronique, est de 2: 1: 1 respectivement (FERNANDES et SALAS-MELLADO, 2017).

I.3.-Activités biologique des polysaccharides

Au cours des dernières années, il est confirmé que les polysaccharides issus des ressources naturelles (micro-organismes, plantes et animaux) possèdent des nombreux avantages thérapeutiques, des effets bénéfiques et des propriétés favorables à la santé (ZHAN *et al.*, 2018). Cependant, de plus en plus d'études montrent que les bioactivités de la plupart des polysaccharides naturels sont affectés par leur poids moléculaire, et leur caractéristiques structurales tels que des compositions en monosaccharides, la configuration du carbone anomérique, la nature des liaisons osidiques, la séquence d'unités monosaccharidiques, le degré de polymérisation, et les caractéristiques de ramification (LIU *et al.*, 2018c).

Parmi ces facteurs, le poids moléculaire des polysaccharides natifs peut affecter significativement leurs activités biologiques et leur applications (HANG *et al.*, 2014). Par exemple, les polysaccharides de masse moléculaire plus élevée peuvent avoir des difficultés à pénétrer des barrières multiples de la membrane cellulaire dans les organismes pour exercer leur effets biologiques (CHAO *et al.*, 2018).

Les polysaccharides extraits des plantes ont récemment attiré de plus en plus l'attention des chercheurs, car ils ont de multiples propriétés pharmacologiques, y compris des effets anti-oxydants, effets anti-tumoraux et effets hypoglycémiant, ainsi que des effets antidiabétiques et effets immunologiques (CAI *et al.*, 2017). Pour expliquer le mécanisme d'action des polysaccharides, de nombreuses études sont faites pour révéler la relation entre les structures polysaccharidiques et leurs activités biologiques (WANG *et al.*, 2017c).

I.3.1.-Activités anti-oxydantes

Les espèces réactives de l'oxygène (ERO), y compris l'oxygène singlet ($\frac{1}{2}\text{O}_2$), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) ainsi que les radicaux libres comme l'anion superoxyde ($\text{O}_2^{\cdot-}$) et hydroxyle ($\text{OH}^{\cdot}$), peuvent être générés au cours de la normale les processus métaboliques cellulaires tels que la respiration ou diverses réactions chimiques (par exemple ionisation et rayonnements ultraviolets) (FAN *et al.*, 2014).

Les radicaux libres excessifs et oxydants accumulés dans le corps humain produirait un phénomène appelé stress oxydatif et entraîner des dommages oxydatifs en santé humaine en réagissant avec des protéines, des acides nucléiques et de nombreuses autres biomasses (MIAO *et al.*, 2017), qui contribue à divers processus pathologiques tels que le vieillissement, l'inflammation, le cancer, et l'athérosclérose (KSOURI *et al.*, 2012). Cependant, des niveaux excessivement élevés des ERO peuvent compromettre les tissus et induire des lésions oxydatives par le biais de dommages aux biomolécules. Les troubles liés à l'âge ou d'autres maladies graves tels que la déficience cognitive, la maladie de Parkinson, le cancer et les maladies du foie (LI *et al.*, 2015; ZENG *et al.*, 2016a).

Les polysaccharides neutres rhamnoarabinogalactane de *plantago lanceolata* possèdent une bonne activité anti-oxydante (KARDOSOVA et MACHOVA, 2006). Les feuilles de *Plantago* sont composées principalement d'acide galacturonique et de quantités mineures d'arabinose et de rhamnose, tandis que dans les polysaccharides totaux acidosolubles, l'acide galacturonique, le galactose et le rhamnose sont détectés. En basant sur les méthodes DPPH et FRAP, les polysaccharides isolés de *Plantago* ont montré une activité anti-oxydante significative (LUKOVA *et al.*, 2017).

LIU *et al.* (2017a); CHAO *et al.* (2018) ont rapporté que les polysaccharides extraits des cladodes de *Cereus triangularis* de la famille Cactaceae, sont principalement composé d'une chaîne de galactane avec des liaison β (1 $\rightarrow$ 4) et un poids moléculaire de 8,430,000 g/mol. Les résidus D-Galp sont probablement substitués en position 3 par les résidus L-arabinofuranosyle. L'activité anti-oxydante *in vitro* de cette fraction riche en arabinogalactane est détectée et quantifiée par le test de DPPH, piégeage de radicaux hydroxyle, piégeage de superoxyde d'anion radical et méthode FRAP (PETERA *et al.*, 2015).

Sophorae tonkinensis de la famille fabaceae, est une plante couramment utilisée en médecine traditionnelle chinoise. Les fractions polysaccharidiques isolées sont STRP1 et STRP2

qui sont principalement composés de galactose et de glucose respectivement. STRP1 a montré des activités anti-oxydantes plus élevées que STRP2. Certaines études ont démontré que les activités anti-oxydantes potentielles des polysaccharides sont attribuées à la richesse en galactose. STRP1 et STRP2 a un pourcentage d'inhibition de radicale DPPH $77.30 \pm 1.42\%$ et $59.62 \pm 1.22\%$ pour une concentration of 1.0 mg/ml, Il est rapporté que le mécanisme sous-jacent l'élimination des radicaux hydroxyles par les polysaccharides implique l'interaction de l'hydrogène avec les radicaux suivi d'une fin de la réaction en chaîne radicalaire. Malheureusement, les détails plus fins de cette mécanisme n'sont pas encore élucidés (CAI *et al.*, 2017).

Des fractions polysaccharidiques isolées à partir des feuilles de *Lepidium meyenii* (Brassicaceae) ont des activités anti-oxydantes *in vitro*. Il est rapporté l'obtention de trois fractions polysaccharidiques dont LMP-80, MLP-1 et MLP-2. Le plus fort effet de piégeage radicalaire signalé est noté chez LMP-80 avec 29,5% à la concentration de 2,0 mg/mL, ce qui est inférieur à celui des MLP-1 (62,01%) et MLP-2 (59,67%) (KANG *et al.*, 2017).

I.3.2.-Activités antidiabétiques

En 2015, environ 415 millions de personnes souffraient de diabète sucré, et le nombre devrait atteindre 640 millions d'ici 2040. Il est devenu l'un des problèmes médicaux les plus difficiles dans le monde entier. C'est un trouble métabolique multifactoriel caractérisé par une hyperglycémie due à des anomalies de la sécrétion d'insuline (ZHANG *et al.*, 2017).

De nombreux inhibiteurs de l' α -glucosidase disponibles dans le commerce (acarbose et miglitol) sont utilisés dans la prise en charge de cette maladie (PASCALE *et al.*, 2018; SHONEKAN *et al.*, 2018).

Un polysaccharide purifié à partir de *Lycium barbarum* de la famille des Solanaceae est composé principalement de mannose, de rhamnose et de glucose. Ce polysaccharide peut inhiber l' α -glucosidase et donc l'absorption du glucose, dans une manière dose-dépendante (LIU *et al.*, 2017c).

Un effet antidiabétique est présenté par un polysaccharide de *Ramulus mori* (RMP) qui est composé de glucose, de galactose, de mannose et d'arabinose, avec un poids moléculaire de 460 kDa, ce polysaccharide a un effet sur les souris diabétiques (CHEN *et al.*, 2018b).

Chapitre II.- Matériels et méthodes

II.1.-Présentation de la région d'étude

La région d'étude fait partie de la wilaya d'El-Oued localisée au Sud Est Algérien et limitée par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa au Nord, Djelfa au Nord-Ouest, Ouargla au Sud et Sud-Ouest et la Tunisie à l'Est. Elle occupe une superficie de 220 km² (BOUSELSAL et KHERICI, 2014).

II.2.-Principe d'étude

Les polysaccharides sont largement présents dans la nature, principalement divisés en trois types à savoir des polysaccharides végétaux, des polysaccharides animaux et des polysaccharides microbiens (LIU *et al.*, 2018e).

En tant qu'une classe importante de substances, les polysaccharides ont une valeur nutritionnelle élevée pour assurer le fonctionnement normale du corps et sont utilisés dans de nombreux bioactifs thérapeutiques, dont antimicrobien, antiviral et antitussif, en raison de leurs avantages de propriétés non cytotoxiques, faible coûts, disponibilité et renouvellement (LI *et al.*, 2018c). Les polysaccharides végétaux ont des activités biologiques diverses, à savoir des activités anti-tumorales (LIU *et al.*, 2018h), des activités anti-oxydantes (FAN *et al.*, 2018), des activités antivirales (YUE *et al.*, 2017), des activités anticoagulantes (LIU *et al.*, 2018f), des activités anti-compléments (WANG *et al.*, 2017), des activités anti-inflammatoires (DU *et al.*, 2016), des activités hypoglycémiantes (LIU *et al.*, 2018a) et des activités immunomodulatrices (YU *et al.*, 2017a).

La présente étude s'oriente sur l'étude des polysaccharides issus de deux plantes spontanées à caractère médicinal; les feuilles et les fruits d'*Oudneya africana* de la famille des Brassicaceae et les feuilles d'*Ephedra alata* de la famille des Ephedraceae récoltées au Sahara septentrional Est Algérien (région d'El Oued). Elle est portée sur l'extraction hydrosoluble des polysaccharides, la caractérisation partiellement par des méthodes de dosage colorimétriques et par chromatographie sur couche mince(CCM) et l'évaluation des activités biologiques de leurs polysaccharides, dont l'activité anti-oxydante, et l'activité antidiabétique.

II.3.-Matériel d'étude

Le matériel d'étude regroupe l'appareillage, les produits chimiques, ainsi que le matériel biologique.

II.3.1.-Matériel biologique

Il se compose des espèces végétales choisies dont *Oudneya africana* et *Ephedra alata*.

II.3.1.1.-Choix des plantes

Le choix des plantes est basé sur l'utilisation des plantes spontanées en médecine traditionnelle. *Oudneya africana* et *Ephedra alata* sont utilisées par la pharmacopée de la région d'El Oued pour le traitement du diabète et du cancer respectivement.

La plante spontanée *Oudneya africana*, est localement nommée Henat l'ibel. Elle est utilisée en médecine populaire par les populations locales de Ouargla (Algérie) pour traiter la cicatrisation des plaies et contre les piqûres du scorpion (SALHI *et al.*, 2014), bien qu'elle est utilisée à des fins médicinales liées à des problèmes digestifs, rhumes et grippes, fièvres et piqûres de scorpions (BOUHADJERA *et al.*, 2005; OULD EL HADJ *et al.*, 2003). Elle est utile pour traiter les lésions de la peau (LAKHDARI *et al.*, 2016; OULD EL HADJ *et al.*, 2003) et pour le traitement du diabète (TELLI *et al.*, 2016) avec une activité antimicrobienne (HAMMAMI *et al.*, 2009).

Ephedra alata est une source importante de composés pharmaceutiques (GORAI *et al.*, 2015). Elle est utilisée depuis plus de 5000 ans en médecine traditionnelle chinoise pour traiter les allergies, l'asthme bronchique, les frissons, les rhumes, la toux, l'œdème, la fièvre, la grippe, les maux de tête, le rhume et la congestion nasale (GHERRAF *et al.*, 2014; OULD EL HADJ *et al.*, 2003). *E. alata* est souvent utilisé en médecine traditionnelle pour traiter diverses maladies comme le cancer. En outre, *E. alata* a été suggéré par certains groupes de recherche pour le traitement du diabète sucré (KITANA *et al.*, 2017).

II.3.1.1.1.-*Oudneya africana* R. Br.

Les Brassicaceae (crucifères), ou la famille de la moutarde, est un groupe monophylétique d'environ 338 genres et certaines 3709 espèces distribués dans le monde entier (AL SHEHBAZ *et al.*, 2006).

Oudneya africana pouvant atteindre 1 mètre de haut, avec des feuilles entière en spatule, un peu charnues. Elle est composée par des fleurs à quatre pétales de couleur mauve ou violette et des fruits cylindriques étroits. C'est une plante pérenne, ligneuse (QUÉZEL et SENTA., 1962a).



Photo 1.- *Oudneya africana* R. Br. à M'Rara (El Oued, Algérie)

II.3.1.1.1.1.-Position botanique

La position systématique d'*Oudneya africana* R.Br. Selon QUEZEL et SANTA. (1963a) est la suivante:

Embranchement	Spermaphyta
Classe	Dicotyledoneae
Ordre	Parietales
Famille	Brassicaceae
Genre	Oudneya
Espèce	<i>Oudneya africana</i> R. Br.
Noms vernaculaires	Henat l'ibel (JERBI <i>et al.</i> , 2016)
	Alga (HELIS, 2005)

II.3.1.1.1.2.-Répartition géographique

Oudneya africana est une plante saharienne endémique de la famille des Brassicaceae qui est distribuée dans le désert du Sahara libyen, tunisien, algérien et marocain (QUEZEL et SANTA, 1963b).

II.3.1.1.3.-Récolte et parties étudiées

Pour la présente étude l'espèce *Oudneya africana* R. Br. est récoltée le 25 Mars 2017 au niveau du M'Rara, Wilaya d'El Oued, dont les coordonnées géographiques sont de longitude de 5°41'30.75'' Est et de latitude de 33°28' 39.38'' Nord.

II.3.1.1.2.-*Ephedra alata* DC.

La famille Ephedraceae est monogénérique comprend de 45 à 55 espèces qui habitent dans les régions arides et semi-arides du monde (HOU *et al.*, 2015).

Ephedra alata est un arbuste à feuilles persistantes, avec des rameaux jaune-vert de 50-100 cm de haut (KITANA *et al.*, 2017). Elle est composée par des fleurs à des anthères sessiles disposées en 2 groupes de 4 sur 2 colonnes staminales. Elle présente de faux fruits (galbules) à bractées tronqués à la base (QUEZEL et SANTA, 1962).



Photo 2.-*Ephedra alata* DC. (El Oued, Algérie)

II.3.1.1.2.1.-Position botanique

La position systématique d'*Ephedra alata* DC. Selon QUEZEL et SANTA. (1962) est la suivante:

Embranchement	Spermaphyta
Classe	Gnetopsida
Ordre	Ephedrales
Famille	Ephedraceae
Genre	Ephedra
Espèce	<i>Ephedra alata</i> DC.
Noms vernaculaires	Alenda (GORAI <i>et al.</i> , 2015 ; HELIS, 2005)

II.3.1.1.2.2.-Répartition géographique

Ephedra alata a une large distribution en Iran, en Algérie, en Irak, au Tchad, en Egypte, en Palestine, au Liban, en Jordanie, en Arabie Saoudite, au Maroc, en Syrie, en Libye, en Mauritanie, au Mali, en Somalie et en Tunisie (JARADAT *et al.*, 2015).

II.3.1.1.2.3.-Récolte et parties étudiées

Pour la présente étude l'espèce *Ephedra alata* est récoltée le 16 Décembre 2017 dans la Wilaya d'El Oued (6°41'22.97'' Est et de latitude de 33°41' 35.19'' Nord).

II.4.-Etude des polysaccharides

L'étude des polysaccharides est basée sur la réalisation d'une extraction hydrosoluble, des dosages colorimétriques, l'identification des résidus glycosidiques par chromatographie sur couche mince et les études des activités anti-oxydante et l'activité antidiabétique.

II.4.1.-Extraction des polysaccharides

Vingt (20) g de matières végétales (XU *et al.*, 2018) sont séchés et broyés (CAI *et al.*, 2017). Le broyat est macéré (KONE *et al.*, 2017), à chaud dans l'eau distillée pendant 2 h à 50°C (LIU *et al.*, 2018d) avec un rapport de 1:10 (poids /volume) (LIU *et al.*, 2018a). Ensuite, les extraits aqueux sont recueillis (ZHANG *et al.*, 2016), filtrés (LI *et al.*, 2018a) puis concentrés (LI *et al.*, 2018b, JING *et al.*, 2016). Les extraits rassemblés sont précipités par trois volume

d'éthanol (1:3, v/v) (ZHENG *et al.*, 2016), pendant 24 h à 4°C (BALLESTEROS *et al.*, 2017). Après une centrifugation à 4000 tr/min pendant 10 min (RAZA *et al.*, 2017), les précipités sont lavés par l'acétone 3 fois (LI *et al.*, 2018d). Les polysaccharides obtenus sont séchés pendant une nuit à 45°C (CHOUANA *et al.*, 2017), pour obtenir des polysaccharides bruts (SU *et al.*, 2017).

Le rendement d'extraction (%) est calculé avec la formule ci-dessous (WANG *et al.*, 2018):

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{Poids des polysaccharides de l'extraction (g)}}{\text{Poids de l'échantillon (g)}} \times 100$$

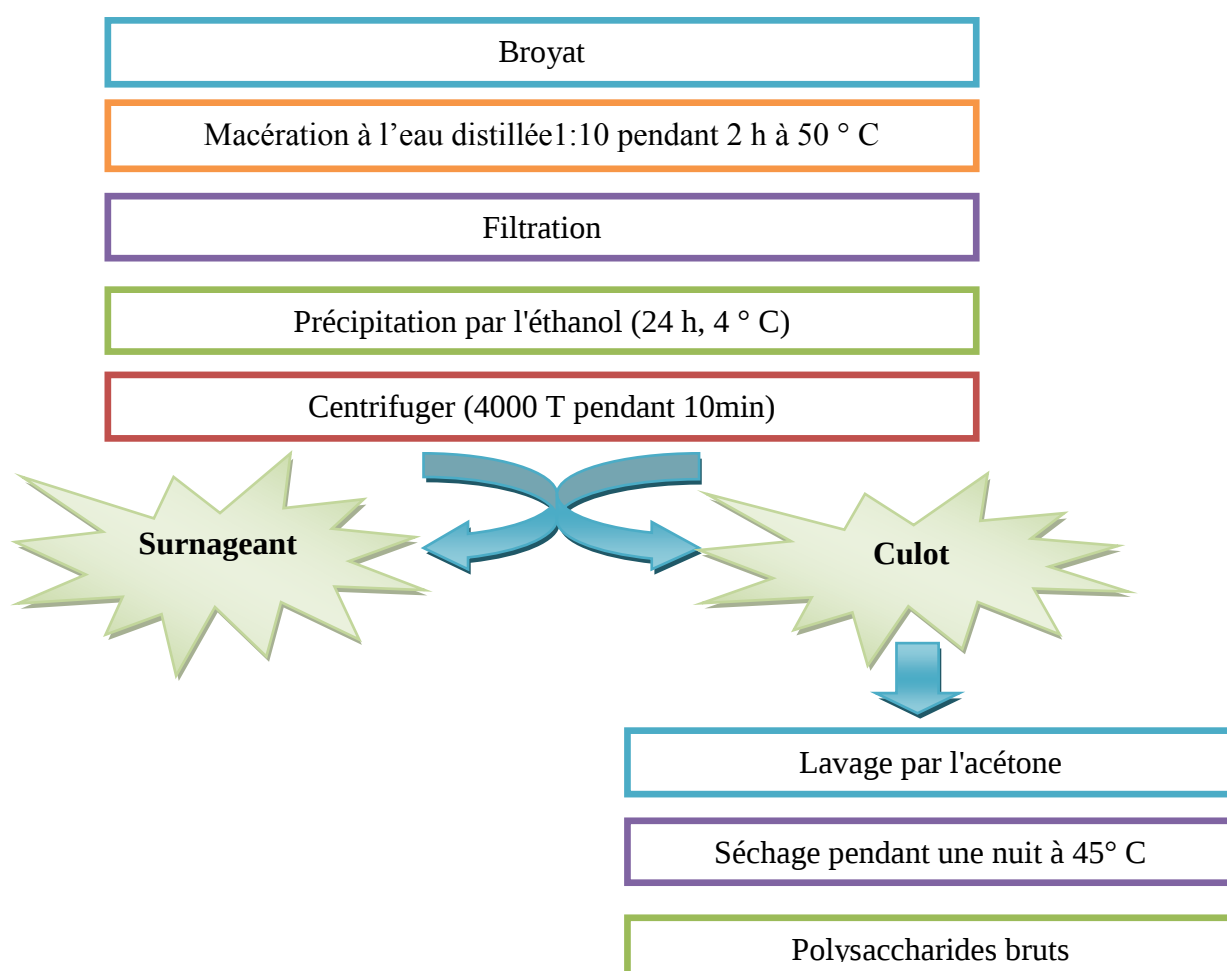


Figure 1.- Protocole d'extraction des polysaccharides hydrosolubles (LI *et al.*, 2018a ; LI *et al.*, 2018b ; LI *et al.*, 2018d ; LIU *et al.*, 2018a ; LIU *et al.*, 2018d ; XU *et al.*, 2018 ; BALLESTEROS *et al.*, 2017 ; CAI *et al.*, 2017 ; CHOUANA *et al.*, 2017 ; KONE *et al.*, 2017 ; RAZA *et al.*, 2017 ; SU *et al.*, 2017 ; JING *et al.*, 2016 ; ZHANG *et al.*, 2016 ; ZHENG *et al.*, 2016).

II.4.2.-Composition des extraits polysaccharidiques

L'étude de la composition des extraits des polysaccharides hydrosolubles consiste à déterminer les teneurs en oses totaux, en oses neutres, en ose acides, en oses réducteurs, et la teneur en polyphénols totaux par des dosages colorimétriques.

II.4.2.1.-Dosage des oses totaux

La teneur des oses totaux dans l'extrait brut polysaccharidique d'*Ephedra alata* et d'*Oudneya africana* est déterminée selon la méthode DUBOIS *et al.* (1956).

II.4.2.1.1.-Principe

En présence de l'acide sulfurique concentré et à chaud, les liaisons glycosidiques sont hydrolysées. Une tétradéshydratation suivie d'une cyclisation des monosaccharides libérés donne des dérivés furfuraliques et des dérivés d'acide 5-formylfuroïque. Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé. L'apparition de ces complexes est suivie par une mesure de l'absorbance à 490 nm qui permet de déterminer la concentration en oses totaux de l'échantillon analysé en se référant par projection à une courbe d'étalonnage $DO=f(c)$ (annexe 05) dont le glucose est utilisé comme étalon (BRUDIEUX, 2007; BOUAL *et al.*, 2013a; BRIAN-JAISSON, 2014).

II.4.2.1.2.-Mode opératoire

Dans des tubes à essai en verre, 200 μ l de solution de polysaccharides à doser à 0.01% sont mélangés avec 200 μ l de solution aqueuse phénol à 5%. Le mélange est ensuite homogénéisé par un agitateur et 1 ml d'acide sulfurique à 95% est ajouté en milieu réactionnel. Le mélange est porté au bain Marie à 100°C durant 5 min. Les tubes sont refroidis dans un bain de glace, puis placés à l'obscurité pendant 30 min. L'absorbance est par la suite mesurée à 490 nm par un spectrophotomètre UV-visible. La concentration en oses totaux est obtenue par référence à une gamme étalon du glucose de 0.001 à 0.01% (annexe 04) (RUIZ, 2005).

II.4.2.2.-Dosage des oses neutres

Le dosage des oses neutres est réalisé par la méthode de MONSIGNY *et al.* (1988).

II.4.2.2.1.-Principe

Le dosage des oses neutres se repose sur la réaction des dérivés furfuriques obtenus par action à chaud d'un acide concentré comme l'acide sulfurique, en présence d'un composé aromatique tel que le résorcinol (1,3-dihydroxybenzène), en donnant des composés de couleur orangée. L'absorbance est mesurée à 480nm et les quantités des oses en solution peuvent être établies en comparaison avec une gamme étalon du glucose (DUBOIS *et al.*, 1956; MONSIGNY *et al.*, 1988).

II.4.2.2.2.-Mode d'opérateur

Dans un tube à essai en verre, 200 µl de résorcinol à 6mg/ml et 1 ml d'acide sulfurique concentré (95%), sont ajoutés à 200 µl de l'échantillon ou d'étalon. Les tubes sont agités et mis pour chauffer à 90°C dans un bain Marie pendant 30 mn. Ensuite, les tubes sont placés dans un bain d'eau froide pendant 30 mn à l'obscurité. L'absorbance de la solution est déterminée à 480 nm. La concentration en oses neutres est obtenue par référence à une gamme étalonnage du glucose de concentration 0,001% à 0,01% (annexe 04) (MONSIGNY *et al.*, 1988).

II.4.2.3.-Dosage des oses acides

Le dosage des oses acides est effectuée par la méthode de BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN. (1973).

II.4.2.3.1.-Principe

Le principe de dosage repose sur la condensation, par estérification, d'un chromogène avec les produits de déshydratation des acides uroniques (BRUDIEUX, 2007). En milieu acide fort et à chaud, ces oses se déshydratent en acide 5-formylfuroïque. Les chromophores ainsi formés absorbent dans le domaine du visible proportionnellement avec la quantité de sucres présents. Le méta-hydroxydiphényle en présence de tétraborate de sodium est utilisé comme chromophore sélectif lors du dosage des acides uroniques. Les complexes formés de couleurs rose-rouge absorbent à 520 nm qui permettent de déterminer les concentrations en oses acides en comparaison de l'échantillon analysé en se référant par projection à une courbe d'étalonnage $DO=f(c)$ (annexe 05) dont l'acide glucuronique est utilisé comme étalon (BRUDIEUX, 2007). Cette méthode est décrite par (BLUMENKRANTZ et ASBOE-HANSEN, 1973).

II.4.2.3.2.-Mode d'opérateur

Dans des tubes à essais en verre, 200 µl de solution à analyser est mélangés avec 1,2 ml de solution de tétraborate de sodium à 0.0125M dans l'acide sulfurique concentré. Après agitation, les tubes sont placés pendant 5 mn dans un bain de glace avant d'être placés dans un bain Marie à 100°C pendant 5min. Après refroidissement d'environ 10mn dans un bain de glace, 20 µl de solution de méta-hydroxydiphényl (m-HDP) sont ajoutés. Après agitation, une coloration rose se développe et l'absorbance est mesurée à 520 nm. Les concentrations en oses acides en peuvent être établies en comparaison avec une gamme d'étalonnage d'acide glucuronique de concentration 0,001% à 0,01% (annexe 04) (BRIAN-JAISSON, 2014).

II.4.2.4.-Dosage des sucres réducteurs

Le dosage des sucres réducteurs est effectué par la méthode de WAFFENSCHMITD et JAENICKE (1987).

II.4.2.4.1.-Principe

L'acide 2,2'-bicinchoninique (BCA) en solution alcaline forme un complexe bleu foncé avec ions Cu^+ . Cette réaction est chromogène. L'absorbance à longueur d'onde est 540 nm proportionnelle au taux de sucres réducteurs dans la solution (WAFFENSCHMITD et JAENICKE, 1987).

II.4.2.4.2.-Mode opératoire

Dans un tube à essai en verre, il est introduit 200 µL de l'échantillon à analyser, 800 µL d'eau distillé et 1 mL de la solution mélange A+B (1: 1 v/v). Les tubes sont incubés durant 15 min à 100°C dans un bain marie puis conservés pendant 20-25 min à température ambiante. L'absorbance est mesurée à $\lambda=540$ nm. La concentration en sucres réducteurs est obtenue par référence à une gamme étalon de glucose réalisée entre 0 et 0,02 g/L (annexe 04) (BENAOUN, 2017).

II.4.2.5.-Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux est effectué par une méthode adaptée par SINGLETON et ROSS. (1965).

II.4.2.5.1.-Principe

Le principe de dosage repose sur les capacités réductrices des complexes ioniques polymériques formés à partir des acides phosphomolybdiques et phosphotungstique (réactif de Folin Ciocalteu) par les composés phénoliques. Il en résulte la formation d'un complexe bleu qui accompagne l'oxydation des composés phénoliques et qui est stabilisé par l'addition de carbonate de sodium (NaCO_3). Le dosage des phénols totaux est effectué par la comparaison de l'absorbance observée à celle obtenue par un étalon d'acide gallique de concentration connue (SINGLETON et ROSS, 1965; DIF *et al.*, 2015).

II.4.2.5.2.-Mode opératoire

Cent (100) μl de l'échantillon dilué sont ajoutés à 500 μl de réactif de Folin-Ciocalteu dilué à 1:10, puis 2 ml de solution saturée de carbonate de sodium sont ajoutés (TOHIDI *et al.*, 2017). Après incubation à température ambiante pendant 30 minutes (LIMMONGKON *et al.*, 2017), l'absorbance du mélange est mesurée à 765 nm. L'acide gallique est utilisé comme standard pour la courbe d'étalonnage (annexe 05) (MUDDATHIR *et al.*, 2017), avec des concentrations variant de 0,01 à 0,035 %.

II.5.-Caractérisation des polysaccharides

L'identification des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques (RUIZ, 2005). Les monosaccharides ainsi libérés sont analysés par chromatographie sur couche mince (CCM).

II.5.1.-Hydrolyse acide des extraits bruts

Les voies de dégradation acide sont largement exploitées en vue de déterminer la structure et la composition des oses constitutifs des polysaccharides après dépolymérisation totale (DELATTRE, 2005). Les hydrolysats sont obtenus par l'acide trifluoroacétique (TFA).

II.5.1.1.-Principe

Il consiste à hydrolyser l'échantillon à analyser par un acide. L'acide trifluoroacétique (TFA) est préféré à l'acide sulfurique car il présente de plus l'avantage d'être éliminé par une simple co-évaporation avec du méthanol (RUIZ, 2005). Le clivage des liaisons glycosidiques est réalisé à haute température (de 50 à 100 °C) par des acides forts dilués (hydrolyse ménagée) ou

concentrés (MORRISON, 1988; DELATTRE, 2005). Le TFA est devenu l'acide de choix pour la plupart des analyses de glucides en raison de son efficacité à l'hydrolyse des liaisons glycosidiques sans causer des destructions massives des composants de monosaccharides résultant et en raison de sa volatilité (RUIZ, 2005; JOHANSSON *et al.*, 2006).

II.5.1.2.-Mode opératoire

A chaque échantillon de 25 mg de polysaccharides, 1 ml d'acide trifluoroacétique (TFA) de 2M est ajouté. Le tube est laissé dans l'étuve à 100°C pendant 4 h. Ensuite, le tube est refroidi au bain de glace et le surnageant est récupéré sur un verre de montre après une centrifugation à 4000 rpm pendant 15min. Après l'ajout de quelques gouttes de méthanol (99,7%), et le séchage des hydrolysats, 1ml de l'eau distillée est additionnée pour solubiliser les oses, puis récupérer dans un tube eppendorf de 1,5 ml (YU *et al.*, 2017a ; CAI *et al.*, 2016 ; XU *et al.*, 2016 ; YAN *et al.*, 2015 ; Ali *et al.*, 2012 ; NIU *et al.*, 2011 ; ZHANG *et al.*, 2007 ; JOHANSSON, 2006).

II.5.2.-Chromatographie sur couche mince (CCM)

Après l'hydrolyse par l'acide trifluoroacétique (TFA), l'analyse qualitative est réalisée par chromatographie sur couche mince (CCM) pour déterminer la composition monosaccharide des polysaccharides.

II.5.2.1.-Principe

La chromatographie sur couche mince (CCM) repose principalement sur des phénomènes d'adsorption; la phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants qui progressent le long d'une phase stationnaire (gel de silice, polyamide, cellulose...) fixée sur une plaque de verre ou sur feuille semi-rigide de matière plastique ou d'aluminium. Chacun des solutés est soumis à une force de rétention par adsorption et une force d'entraînement par la phase mobile. Donc les substances vont migrer à une vitesse qui dépend de leur nature et de celle du solvant. Chacun des constituants est d'autant plus entraîné par l'éluant qu'il est plus soluble dans celui-ci et moins adsorbé sur la phase stationnaire. L'équilibre qui en résulte entre la force de rétention et d'entraînement aboutit à une migration différentielle des solutés de l'échantillon à analyser, ce qui permet leur séparation et en comparaison aux étalons, leur identification (DELATTRE, 2005).

II.5.2.2.-Mode opératoire

Trois systèmes de séparation (1, 2, et 3), sont utilisés pour des plaques en gel de silice (CHENG *et al.*, 2010 ; HAN, 1998 ; HOTON-DORGE, 1976). Le choix du système est en fonction de la nature des oses à séparer et les rapports frontaux obtenus. Le Nigrum est utilisé comme révélateur pour les systèmes en gel de silice (GHEBREGZABEIER *et al.*, 1975).

➤ Phases mobiles

Pour le système 1, la phase mobile est constituée d'acétate d'éthyle, pyridine, eau, n-butanol, acide acétique dans les proportions 5-4-4-10-2 (HOTON-DORGE, 1976).

Pour le système 2, la phase mobile est constituée de chloroforme, n-butanol, méthanol, acide acétique, eau (4,5-12,5-5-1,5-1,5) (CHENG *et al.*, 2010).

Pour le système 3, la phase mobile est constituée d'acétonitrile, acétate d'éthyle, propanol, eau avec les proportions de 8,5-2-2-1,5 (HAN et ROBYT, 1998).

➤ Phase stationnaire

Des plaques en gel de silice prêtes à l'emploi, sont utilisées comme phase stationnaire, de type Silica gel 60 F 254 de 0,25 mm d'épaisseur, sur feuille d'aluminium (WANG et FANG, 2004).

➤ Préparation des plaques chromatographiques

Une ligne de dépôt est tracée à 1,5 cm du bord inférieur des plaques, puis sont activées dans l'étuve à 100°C pendant 10 mn. Une fois activées, les plaques sont prêtes pour le dépôt des échantillons (BOUAL, 2011).

➤ Préparation des cuves chromatographique

La préparation des cuves est réalisée selon la méthode d'AUDIGIE *et al.* (1995), modifiée. La phase mobile est versée dans la cuve à une hauteur de 0,5 cm d'environ. La cuve est laissée fermée hermétiquement pendant 24h pour assurer une saturation maximale en vapeur de la phase mobile. Cette saturation a pour but de limiter l'évaporation de la phase mobile depuis la cuve chromatographique.

➤ Dépôt des hydrolysats et étalons

A chaque 10 mg de glucide étalon (acide galacturonique, acide glucuronique, arabinose, galactose, glucose, mannose, rhamnose et xylose) est ajouté 1ml d'eau distillée (BOUAL *et al.*, 2013). Les solutions sont déposées à l'aide d'un applicateur, en utilisant une micropipette de 10µl (AUDIGIE *et al.*, 1995).

➤ Développement des plaques

Les plaques sont placées dans les cuves de sorte que la ligne de dépôt soit au-dessus de la phase mobile. La cuve est ensuite fermée pour laisser les plaques se développent avec le temps, en évitant tout déplacement ou vibration des cuves pendant l'élution. Quand le solvant arrivera à 1cm du bord supérieur, les plaques sont retirées doucement et le front du solvant est marqué avec un crayon (DELATTRE, 2005). Elles sont ensuite séchées à l'air libre et révélées par le Nigrum à l'aide d'un pulvérisateur. Les plaques sont incubées à l'étuve à 105°C jusqu'à l'apparition des spots colorés (ou taches) d'environ 15mn (BOUAL, 2011).

➤ Calcul des facteurs de rétention

Le facteur de rétention (R_f) est calculé pour chaque spot obtenu. Ceci permet la détermination de la composition des extraits en monosaccharides (DAVID et HAZEL, 1998).

$$R_f = \frac{\text{La distance parcourue par la substance}}{\text{La distance parcourue par le solvant}} \times 100$$

II.6.-Activités biologiques des polysaccharides

La présente étude, s'intéresse particulièrement à l'activité anti-oxydante, et à l'activité antidiabétique des polysaccharides issus d'*Oudneya africana* et d'*Ephedra alata*.

II.6.1.-Activité anti-oxydante

L'activité anti-oxydante de l'extrait polysaccharidique d'*Oudneya africana* et d'*Ephedra alata* est mesurée par le test DPPH.

II.6.1.1.-Test de la réduction du radical 2,2'-diphenyl picrylhydrazyl (DPPH)

Le dosage de la réduction des radicaux DPPH est parmi les méthodes les plus fréquemment utilisées et offre la première approche pour l'évaluation de l'activité antioxydante (SHAHIDI et ZHONG, 2015).

II.6.1.1.1.-Principe du test

La réduction du radical libre 2,2'-diphényle-1-picryl hydrazyl (DPPH) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV-Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm provoquée par les antioxydants qui comporte comme donneur d'hydrogène. En présence des piègeurs de radicaux libres, le DPPH de couleur violette se réduit en 2,2 Diphenyl-1-picryl hydrazine incolore (WANG, 2014; WANG *et al.*, 2010; LEMAOUI, 2011; BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995).

II.6.1.1.2.Mode opératoire

Un (1) mL d'échantillons est mélangé avec 1 mL de solution de DPPH (DPPH 0,1 mM dans l'éthanol). Le mélange est agité vigoureusement et incubé dans l'obscurité pendant 30 min à 37°C. L'absorbance de la réaction est mesurée à 517 nm. L'acide ascorbique est utilisé comme contrôle positif. L'activité de piégeage des radicaux DPPH est calculée par l'équation suivante:

$$\text{Activité de piégeage (\%)} = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

Où :

A_0 est l'absorbance du blanc (éthanol au lieu de l'échantillon).

A_1 est l'absorbance de l'échantillon.

A_2 est l'absorbance de fond de l'échantillon (éthanol au lieu de DPPH) (SUN *et al.*, 2018).

II.6.2.-Activité antidiabétique

L'activité antidiabétique des polysaccharides, est déterminée en utilisant une méthode de l'inhibition de l'enzyme α -D-glucosidase telle qu'elle est décrite par OKI *et al.* (1999) avec une légère modification.

II.6.2.1.-Test d' l'inhibition de l'enzyme α -D-glucosidase

II.6.2.1.1.-Principe

La détermination de pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase, est basée sur la mesure de la libération de *p*-Nitrophénol (*p*-NP) dont l'enzyme catalyse la dégradation de *p*-Nitrophényl- α -D-glucopyranoside (*p*-NPGP) en α -D-glucopyranoside et *p*-Nitrophénol. Ce dernier absorbe à 405 nm permettant d'évaluer l'activité enzymatique de l' α -D-glucosidase (KARAKAYA *et al.*, 2017).

II.6.2.1.2.-Mode opératoire

Dans un tube sec, il est ajouté un volume de 500 μ l de la solution de l' α -D-glucosidase. Ensuite, il est additionné 10 μ l de l'acarbose pour le contrôle positif, de l'extrait polysaccharidique pour le test, ou de l'eau distillée pour le contrôle négatif. Les tubes sont incubés pendant 15 min à 37°C. Un volume de 125 μ l de la solution du substrat (*p*-NPG) est ajouté qui est préalablement incubé à 37° C. Ensuite, les tubes sont agités des tubes pendant une minute (ZANG et LI, 2015 ; XU *et al.*, 2014). Après 2 min d'incubation, la lecture de l'absorbance est effectuée à 405 nm. Une suivie de la cinétique enzymatique de l' α -D-glucosidase est réalisée par la mesure de l'absorbance chaque 12 sec pendant 3 min de la réaction par un spectrophotomètre UV- Visible.

Le pourcentage d'inhibition de l' α -glucosidase est calculé comme suit (ZANG et LI, 2015 ; XU *et al.*, 2014) :

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = \frac{\Delta A_{\text{Contrôle négatif}} - \Delta A_{\text{Echantillon}}}{\Delta A_{\text{Contrôle négatif}}} \times 100$$

Où:

$$\Delta A_{\text{Contrôle négatif}} = A_1_{\text{Contrôle négatif}} - A_0_{\text{Contrôle négatif}}$$

$$\Delta A_{\text{Echantillon}} = A_1_{\text{Echantillon}} - A_0_{\text{Echantillon}}$$

Chapitre III.-

Résultats et discussion

Les résultats obtenus de trois fractions polysaccharidiques sont isolés après une extraction hydrosoluble des polysaccharides d'*Oudneya africana* et d'*Ephedra alata*. L'étude biochimique des fractions retenues sont réalisées par des dosages colorimétriques, une chromatographie sur couche mince et l'évaluation de son pouvoir antioxydant et de son potentialité inhibitrice de l'enzyme α -D-glucosidase.

III.1.-Rendement d'extraction des polysaccharides

Les rendements relatifs (fig.02) sont calculés par rapport aux poids des matières sèches ayant servis à l'extraction (WANG *et al.*, 2018).

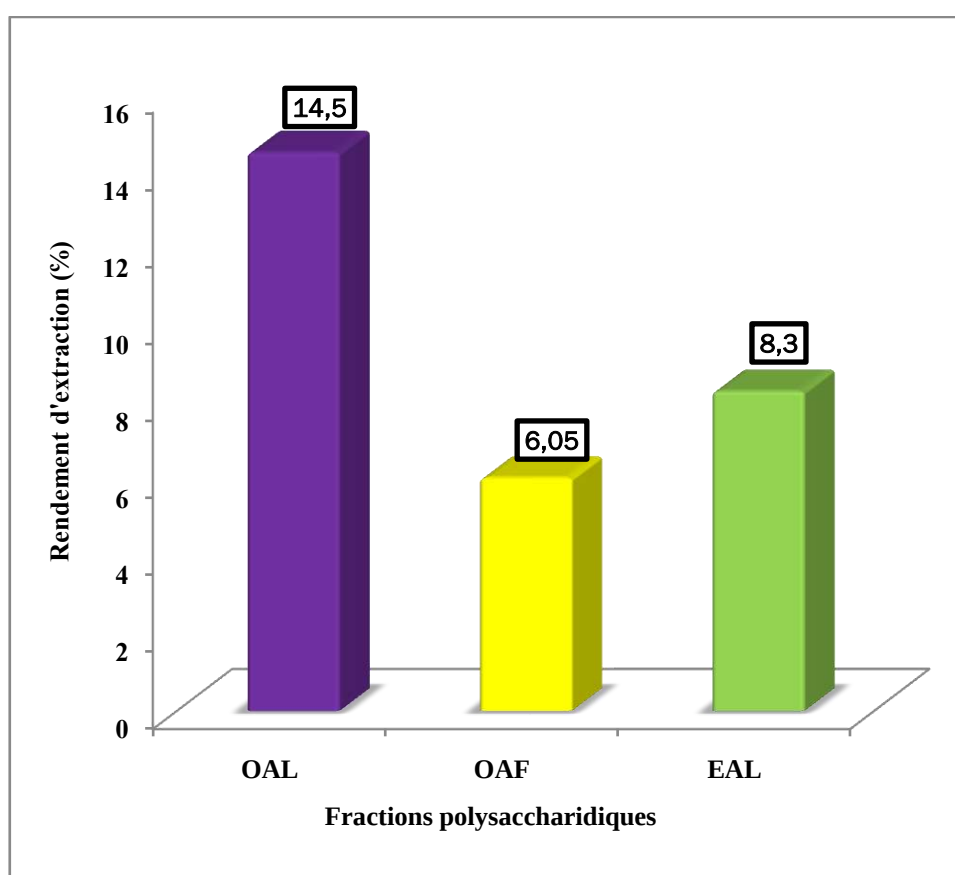


Figure 2.- Rendements des extraits de polysaccharides bruts de feuilles, des fruits d'*Oudneya africana* et des feuilles d'*Ephedra alata*.

OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*.

D'après les résultats notés, il apparaît que les rendements massiques des extraits des polysaccharides hydrosolubles des feuilles et des fruits d'*Oudneya africana* sont de 14,5% et de 6,05% respectivement. Il est noté aussi un rendement de 8,3% de la fraction issue des feuilles d'*Ephedra alata*. Toutefois, les fractions des extraits polysaccharidiques (photo 3, 4 et 5) ont des aspects très différents, ce qui indique une diversité en espèces polysaccharidiques.

La fraction polysaccharidique des feuilles d'*Oudneya africana* a un rendement plus élevé par rapport au rendement massique de l'extrait polysaccharidiques hydrosolubles des fruits de la même plante et des feuilles d'*Ephedra alata*.

Un rendement d'extraction des polysaccharides de la racine d'*Isatis tinctoria* L. (Brassicaceae) est observé par HAN *et al.* (2011), soit 11,19%. ZHANG *et al.* (2016) trouve que le rendement d'extraction des polysaccharides des racines de *Lepidium meyenii* (Brassicaceae) est de 6,36%. ORLOVSKAYA et CHELOMBIT'KO. (2007) rapportent que le rendement d'extraction des polysaccharides de graines de *Lepidium sativum* L. est de 17,06%. WANG *et al.* (2016) ont noté que les racines de *Brassica rapa* L. ont un rendement polysaccharidique de $21,48 \pm 0,41\%$.

Un polysaccharide extrait d'*herba ephedrae* (Ephedraceae), a présenté un rendement d'extraction des polysaccharides de 6,31% (HAN, 2012). XIA *et al.* (2011) rapportent que le rendement d'extraction des polysaccharides de tige d'*Ephedra sinica* est 3,32%. Ce rendement est plus proche à celui rapporté par XUE *et al.* (2005), qui ont trouvé un rendement d'extraction des polysaccharides de 4,83%, pour la même espèce.

Le type de polysaccharide et la procédure d'extraction comme la décoction, la macération, le type et la quantité de solvant, les températures et les concentrations utilisées. agissent sur le rendement massique de polysaccharides (MOURADI *et al.*, 2006; EBRINGEROVA *et al.*, 2003).



Photo 3.- Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts des feuilles d'*Oudneya africana* (OAL).



Photo 4.- Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts des fruits d'*Oudneya africana* (OAF).



Photo 5.- Extrait des polysaccharides hydrosolubles bruts des fruits d'*Ephedra alata* (EAL).

Les facteurs influençant sur le rendement d'extraction sont multiples tels que la taille et la structure de l'échantillon qui jouent un rôle important dans l'extraction, ainsi que la température d'extraction, le temps d'extraction et le rapport eau / matière première (JING *et al.*, 2016). Tandis que la variation de la vitesse d'agitation ne semble pas avoir une grande influence sur le rendement d'extraction (DJABOUN, 1995). Par ailleurs, l'élévation de la température permet l'accroissement de la solubilité et de la diffusivité du soluté et la diminution de la viscosité. Elle doit être limitée pour éviter d'autres composés et la dégradation thermique du soluté (BOUSBIA, 2011).

L'extraction à l'eau chaude est largement utilisée car elle est simple, facile à industrialiser et implique un faible coût (TANG *et al.*, 2011), avec un impact sur l'environnement et des produits utilisés en toute sécurité pour l'humanité (CHEN *et al.*, 2013). Il possède l'avantage de la commodité pendant le fonctionnement. Cependant, le temps de fonctionnement et la température d'extraction de la méthode HW sont généralement plus élevés et le rendement d'extraction des polysaccharides est inférieur à certaines techniques d'extraction (DUAN *et al.*, 2018).

III.2.- Caractérisation des extraits polysaccharidiques

La caractérisation partielle des fractions polysaccharidiques obtenues est réalisée par une série de dosages colorimétriques pour une analyse quantitative et une chromatographie sur couche mince pour une analyse qualitative.

III.2.1.- Caractérisation quantitative des extraits polysaccharidiques

La détermination de la composition des extraits polysaccharidiques hydrosolubles (fig.03) issus des feuilles d'*Oudneya africana* (OAL), des fruits d'*Oudneya africana* (OAF) et des feuilles d'*Ephedra alata*(EAL) est effectuée par des dosages en oses totaux, en oses neutres, en oses acides, en oses réducteurs et en polyphénols totaux.

La fraction OAL présente $35,85 \pm 0,07\%$ d'oses totaux, $23,61 \pm 0,007\%$ d'oses neutres, $0,25 \pm 0,001\%$ d'oses acides. Tandis que la fraction OAF indique $12,64 \pm 0,05\%$ d'oses totaux, $14 \pm 0,03\%$ d'oses neutres, $3,05 \pm 0,04\%$ d'oses acides. Or, il est noté que la fraction OAL présente un taux élevé des oses totaux et oses neutres par rapport à la fraction OAF. La teneur en oses réducteurs et en polyphénols totaux sont nuls dans toutes les fractions polysaccharidiques d'*Oudneya africana*.

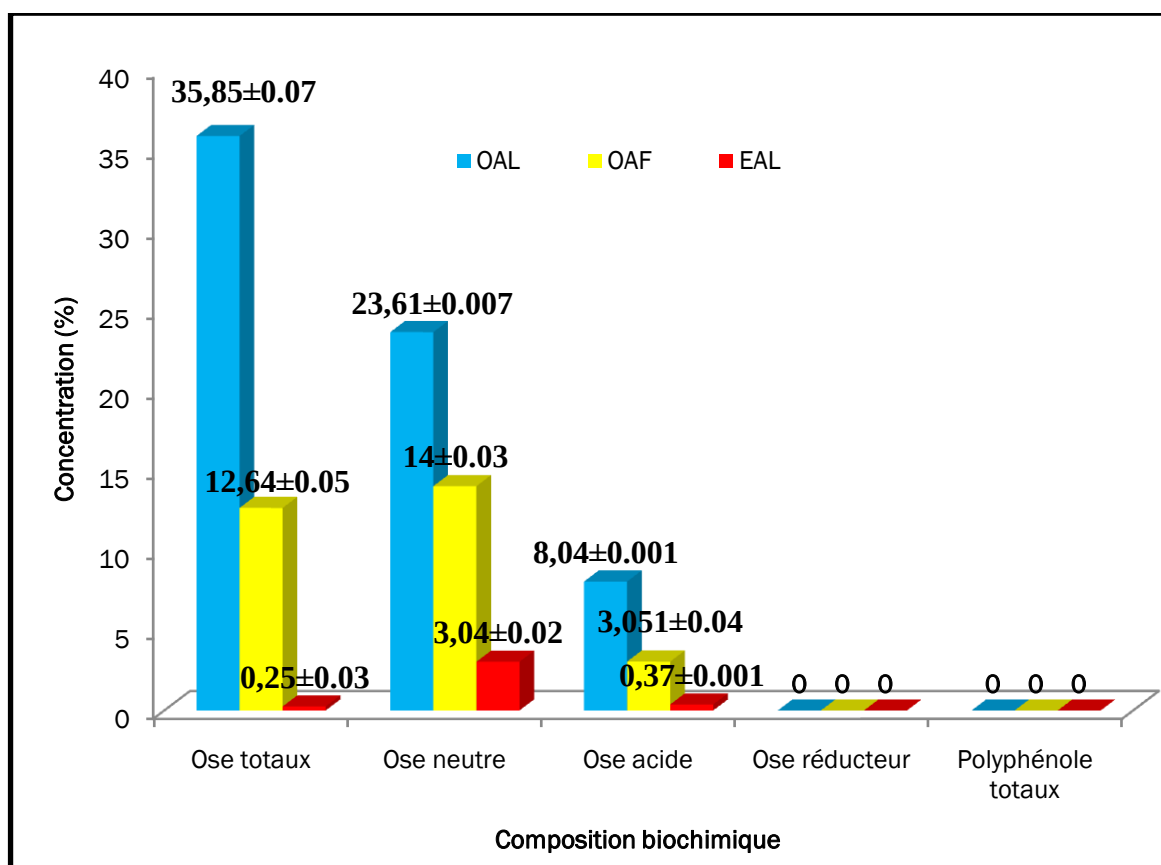


Figure 3.-Composition biochimique des fractions polysaccharidiques.

OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*

PUSTJENS *et al.* (2013), trouve que la teneur en oses totaux issus des graines de *Brassica napus* est de 36% qui est plus proche du taux noté pour OAL mais plus élevé que celui trouvé par VOLDEN *et al.* (2008) pour *Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f. *rubra*, soit 3,65%.

LI *et al.* (2017a) ont isolé deux fractions polysaccharidiques extrait à partir des tiges de *Lepidium meyenii* Walp. (maca); soit MPS-1 et MPS-2. Pour MPS-1, les teneurs en oses totaux et en oses acides sont de 93,2% et de 1,2%, respectivement. Ainsi, MPS-2 note des teneurs de 91,5% et de 26,9% en oses totaux et en oses acides respectivement. Les teneurs en oses totaux dans les deux fractions sont plus élevées que celles signalées chez les fractions OAL et OAF d'*Oudneya africana*. La même remarque est observée en ce qui concerne la teneur en ose acides pour la fraction MPS-2. Par contre, les teneurs en oses acides dans les deux fractions d'*Oudneya africana* sont inférieures à celles obtenues à partir de la fraction MPS-1.

Les teneurs en oses totaux des trois fractions polysaccharidiques BRP-1-1, BRP-2-1 et BRP-2-2 des racines de *Brassica rapa* L. sont $53.12 \pm 0.73\%$, $65.58 \pm 0.88\%$ et $78.86 \pm 1.01\%$, respectivement. Alors que les oses acides sont de $1.15 \pm 0.78\%$, de $7.78 \pm 0.65\%$ et de $15.82 \pm 1.05\%$ pour BRP-1-1, BRP-2-1 et BRP-2-2, respectivement. Les teneurs en polyphénols pour les trois fractions sont nulles (WANG *et al.*, 2016). Les teneurs en oses totaux des trois fractions polysaccharidiques BRP-1-1, BRP-2-1 et BRP-2-2 des racines de *Brassica rapa* L., sont plus supérieures que celles trouvées dans les deux fractions d'*Oudneya africana*.

La fraction EAL d'*Ephedra alata* présente $8.04 \pm 0.03\%$ d'oses totaux, $3.04 \pm 0.02\%$ d'oses neutres et $0.37 \pm 0.001\%$ d'oses acides. Tandis que les teneurs en oses réducteurs et en polyphénols totaux sont nulles. Les teneurs en oses totaux et oses neutres sont très inférieures aux celles obtenues par les feuilles et les fruits d'*Oudneya africana*. OAF a une teneur des oses acides supérieure que les fractions OAL et EAL.

XIA *et al.* (2011) ont noté que la teneur des oses acides issus de polysaccharides de tige d'*Ephedra sinica* est de 2,20%. Il est supérieure que celle trouvée pour EAL d'*Ephedra alata*. SONG *et al.* (2010) qui ont signalé une teneur de $27.70 \pm 0.89\%$ pour *Ephedra sinica* Stapf, La teneur en oses réducteurs et en polyphénols totaux pour *Ephedra alata*, est nul.

Les différences entre les compositions chimiques des polysaccharides peuvent être dues aux matières premières (LIU *et al.*, 2017b). Les teneurs en oses dans les fractions polysaccharidiques dépendent d'un certain nombre de facteurs telle que la nature de la matière première, son origine (région de croissance, la souche de la plante), et la procédure de traitement (ZEMNUKHOVA *et al.*, 2004).

La teneur de polyphénols totaux des trois fractions polysaccharidiques (OAL, OAF et EAL) peuvent être interprétés par l'élimination des polyphénols par la précipitation éthanolique. MAZAREI *et al.* (2017) montre que l'éthanol désactive les enzymes endogènes et élimine certains matériaux solubles, y compris les sucres libres, les graisses et certains composés de pigments.

III.2.2.- Caractérisation qualitative des extraits polysaccharidiques

Après l'hydrolyse acide des extraits polysaccharidiques par l'acide trifluoroacétique (TFA), une caractérisation des résidus osidiques des fractions hydrosolubles issus des feuilles de d'*Oudneya africana* (OAL), des fruits d'*Oudneya africana* (OAF) et des feuilles d'*Ephedra alata*

(EAL) est réalisée par une chromatographie sur couche mince (CCM). La détermination des rapports frontaux des oses étalons, a permis d'identifier partiellement les principaux oses constitutifs par une comparaison des rapports frontaux (R_f) des taches apparues avec ceux des étalons (annexe 06).

La séparation des constituants des fractions obtenues (OAL, OAF et EAL) se fait par trois systèmes. Concernant le système I (fig.04), avec une composition d'acétate d'éthyle, de pyridine, d'eau, de n-butanol et d'acide acétique, il est indiqué une présence de deux taches pour la fraction OAL avec des R_f de 0,46 et de 0,51. Les deux taches semblent correspondre au glucose (0,46) et arabinose (0,51) et/ou mannose (0,51). Ainsi, l'apparition de deux taches pour la fraction OAF avec des R_f de 0,51 et de 0,60 qui correspondent à l'arabinose (0,51) et/ou mannose (0,51) et au xylose (0,59). Pour la fraction EAL, une seule tâche est apparue avec un R_f de 0,51 qui correspond à l'arabinose (0,51) et/ou mannose(0,51).

Le système II (fig.05), avec une composition de chloroforme, de n-butanol, de méthanol, d'acide acétique et d'eau, note l'apparition de deux taches avec des R_f de 0,36 et de 0,54 pour la fraction OAL. La tâche de R_f 0,36 ne correspond à aucun ose des étalons tandis que la tâche de R_f 0,54 semble correspondre au glucose (0,54). Pour la fraction OAF, il est signalé la présence de trois taches des R_f de 0,48, de 0,54 et de 0,63 qui correspondent au galactose (0,49), glucose (0,54) et xylose (0,63), respectivement. La fraction EAL indique une seule tâche avec un R_f de 0,54 qui correspond au glucose (0,54).

Le système III (fig.06), avec des constituants d'acétonitrile, d'acétate d'éthyle, de propanol et d'eau, révèle la présence de trois taches pour la fraction OAL avec des R_f de 0,09, de 0,25 et de 0,50 qui correspondes à l'acide glucuronique (0,09) et/au mannose (0,51). La tâche de R_f de 0,25 ne correspond pas au un ose étalon. La fraction OAF présente trois tâches avec des R_f de 0,09, de 0,25 et de 0,45 qui semblent être correspondants à l'acide glucuronique (0,09) et galactose(0,42) et/ou glucose (0,47). La tâche de R_f 0,25 n'a pas d'ose étalon correspondant. Pour la fraction EAL, il est noté l'apparition d'une seule tâche avec un R_f de 0,53 qui correspond à l'arabinose (0,54) et/ou mannose (0,51).



Figure 4.-Chromatogramme issu du système I des hydrolysats des extraits polysaccharidiques OAL, OAF et EAL.

Gal A.: acide D-galactoronique, Glc A.: acide D-glucuronique, Ara: L-arabinose, Gal: D-galactose, Glc: D-glucose, Man: D-mannose, Rha: L-rhamnose, Xyl: D-xylose, OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*



Figure 5.-Chromatogramme issu du système II des hydrolysats des extraits polysaccharidiques OAL, OAF et EAL

Gal A.: acide D-galactoronique, Glc A.: acide D-glucuronique, Ara: L-arabinose, Gal: D-galactose, Glc: D-glucose, Man: D-mannose, Rha: L-rhamnose, Xyl: D-xylose, OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*



Figure 6.-Chromatogramme issu du système III des hydrolysats des extraits polysaccharidiques OAL, OAF et EAL.

Gal A.: acide D-galactoronique, Glc A.: acide D-glucuronique, Ara: L-arabinose, Gal: D-galactose, Glc: D-glucose, Man: D-mannose, Rha: L-rhamnose, Xyl: D-xylose, OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*

D'après la lecture des trois chromatogrammes, la migration remarquable des étalons est noté chez le rhamnose pour le système I, le système II et le système III avec des R_f de 0,69, 0,70, et 0,72 respectivement suivie par le xylose avec des R_f de 0,59, 0,63 et 0,67 respectivement. Le glucose, le galactose, le mannose et l'arabinose ont des migrations moyennes. L'analyse des résultats montre que le système I a permis de séparer les oses neutres, tandis que le système III sépare les oses acides.

Les chromatogrammes montrent un mélange des oses neutres et des oses acides, des pentoses et des hexoses pour les fractions analysées. On remarque l'apparition des taches larges et denses de coloration verdâtre qui correspondent à l'arabinose avec des taches moins denses montrant le xylose. Ainsi, d'autres taches moins claires se présentent en indiquant à l'acide glucuronique, le galactose, le glucose et le mannose. L'acide galacturonique représente la tâche la plus claire jaunâtre et moyennement large dans les trois systèmes.

La combinaison entre les trois systèmes de séparation permet de déterminer la composition partielle des polysaccharides en oses acide et en oses neutres. D'après l'analyse des chromatogrammes issus des trois systèmes, il est noté que la fraction OAL est composée par l'arabinose, le mannose, le glucose et l'acide glucuronique. Tandis que la fraction OAF est constituée d'arabinose, de galactose, de glucose, de mannose, de xylose et d'acide glucuronique. A l'exception de galactose et de xylose, qui sont présents dans OAF et présente pas dans OAL, les deux fractions se caractérisent par les mêmes oses constitutifs. En plus, les polysaccharides de deux fractions se composent d'oses neutres plus que d'oses acides.

Ces résultats semblent proches à ceux de RAKHMANBERDYEVA *et al.* (1995) qui ont signalé que la partie épigée de *Cardaria repens* de la famille Brassicaceae, a une composition monosaccharidique de leur polysaccharide hydrosoluble de rhamnose, d'arabinose, de xylose, de glucose et de galactose dans un rapport de 1,5: 13,3: 1,0: 1,0: 21,0, respectivement. ORLOVSKAYA et CHELOMBIT'KO. (2007) rapportent que les polysaccharides de graines de *Lepidium sativum* L. sont constituées de rhamnose, de xylose, d'arabinose, de mannose, de glucose, de galactose.

CAICAI *et al.* (2018) ont isolé deux fractions polysaccharidiques (MLP-1 et MLP-2) à partir des feuilles de maca (*Lepidium meyenii* Walp.). Ils ont signalé que MLP-1 se compose principalement de ribose, de rhamnose, d'arabinose, de xylose, de mannose, de glucose et de galactose, avec un rapport molaire de 0,12: 0,32: 1,50: 0,32: 1,03: 1,00: 0,93 tandis que MLP-2 est un homopolysaccharide composé de glucose. ZHA *et al.* (2014) ont noté que les

polysaccharides de la racine maca (*Lepidium meyenii*) est composés de rhamnose, d'arabinose, de glucose et de galactose. Ainsi, ZHANG *et al.* (2016) indique que les polysaccharides de la racine de la même espèce se constituent de l'arabinose (26,21%), de mannose (11,81%), de glucose (53,66%) et de galactose (8,32%) tandis que ZHANG *et al.* (2017) signale des polysaccharides composés de rhamnose, d'arabinose et de galactose comme oses constitutifs pour la même partie de l'espèce étudiée.

L'analyse de la composition en monosaccharides a indiqué qu'un extrait brut de la racine de *Brassica rapa* L. (BRP) est composé de mannose, de rhamnose, de glucose, d'acide galacturonique, de galactose et d'arabinose dans un rapport molaire de 0,26: 2,57: 2,86: 7,10: 3,54: 3,35. Trois fractions sont purifiées à savoir BRP-1-1, BRP-2-1 et BRP-2-2. Pour BRP-1-1, il est indiqué une composition de mannose, de rhamnose, de glucose, de galactose et d'arabinose dans un rapport molaire de 0,58: 1,14: 1,65: 12,39: 23,72 respectivement. Ainsi, BRP-2-1 se constitue de rhamnose, d'acide galacturonique, de galactose et d'arabinose dans un rapport molaire de 4,53: 20,71: 3,39: 4,97 respectivement. Concernant BRP-2-2, il est noté une constitution de rhamnose et d'acide galacturonique dans un rapport molaire de 1,27: 54,92 respectivement (WANG *et al.*, 2016).

La lecture de chromatogrammes indique que les polysaccharides de la fraction EAL semblent être formés par l'arabinose, le glucose et le mannose. Ces résultats sont partialement en accords aux ceux de XIA *et al.* (2010) qui notent la composition monosaccharidique des deux fractions (ESP-A1 et ESP-A2) des polysaccharides hydrosolubles extraits de la tige d'*Ephedra sinica* Stapf. L'ESP-A1 est constitué de xylose, d'arabinose, de glucose, de mannose et de galactose tandis que ESP-A2 se compose de xylose, d'arabinose, de rhamnose et de galactose, avec un rapport molaire (%) de 3,2: 61,1: 11,1: 12,9: 11,6 et 20,6: 67,7: 5,0: 6,7, respectivement.

KUANG *et al.* (2011) ont rapporté la composition monosaccharidique de quatre fractions (ESP-B1, ESP-B2, ESP-B3 et ESP-B4) isolées de la tige de la même espèce. L'ESP-B1 contient d'arabinose, de glucose, de mannose et de galactose. Les trois fractions ESP-B2, ESP-B3 et ESP-B4 sont constituées de xylose, d'arabinose, de glucose, de rhamnose, de mannose, de galactose et d'acide glucuronique avec des rapports molaires (mol%) différents. Ainsi, une étude de XIA *et al.* (2015) montre que la composition monosaccharidique des polysaccharides de la tige d'*Ephedra sinica* Stapf.

LI *et al.* (2018e) ont indiqué que la composition monosaccharidique, les rapports molaires, et les caractéristiques structurales (comme l'emplacement du groupe fonctionnel), des

polysaccharides extrait à partir des plantes, peuvent varier d'une espèce à une autre. Ces différences peuvent être due à différents types de matières premières, zones de production, et des parties de la plante (c'est-à-dire fruit, tige, racine ou feuille), qui peuvent conduire aux différentes fonctions biologiques des polysaccharides.

III.3.-Activités biologiques des polysaccharides

Les activités biologiques testées des trois fractions (OAL, OAF et EAL) sont présentées par l'activité anti-oxydante et l'activité antidiabétique.

III.3.1.-Activité anti-oxydante

L'étude de l'activité anti-oxydante de polysaccharides issus des feuilles d'*Oudneya africana* (OAL), des fruits d'*Oudneya africana* (OAF) et des feuilles d'*Ephedra alata* (EAL) est effectuée par le test de la réduction du radical DPPH (SHAHIDI et ZHONG, 2015).

La figure 07 montre les pourcentages d'inhibition des radicaux libres de DPPH[•] par les fractions polysaccharidiques OAL, OAF et EAL.

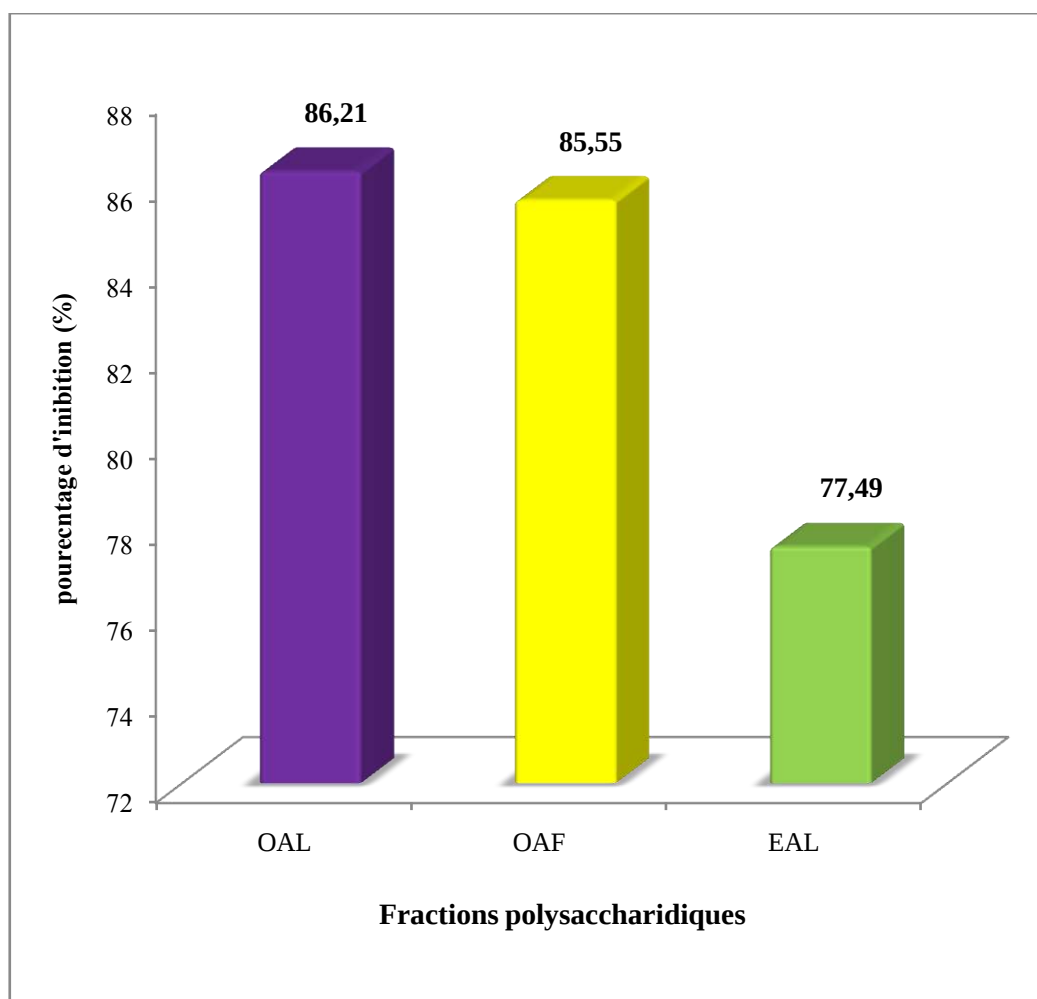


Figure 7.- Pourcentages d'inhibition du radical DPPH^{*} par les fractions polysaccharidiques OAL, OAF et EAL.

OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*.

Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH^{*} des deux fractions OAL et OAF sont très proches avec des pourcentages d'inhibition de 86,21% et 85,55% respectivement ce qui s'interprète par la ressemblance en composition polysaccharidiques de deux fractions. Le pourcentage d'inhibition de la fraction EAL (77,49%) est un pourcentage relativement important mais moins que celles des fractions OAL et OAF, pour les mêmes concentrations testées (5mg/ml).

Les activités de piégeage des radicaux DPPH^{*} des fractions MPL-1, MLP-2 des feuilles de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) ont augmenté significativement ($P < 0,05$) avec

l'augmentation des concentrations. Lorsque la concentration approche de 1,2 mg / mL, le taux de piégeage des radicaux DPPH des MLP-1 et MLP-2 est de 62,01% et 59,67%, respectivement, ce qui est inférieur à celui de la Vitamine C et BHT. Cela pourrait être dû au fait que le MLP-1 possède un poids moléculaire plus faible et des composants monosaccharidiques plus complexes (ribose, rhamnose, arabinose, xylose, mannose, glucose et galactose) que MLP-2 (homopolysaccharide composé de glucose) (CAICAI *et al.*, 2018). ZHA *et al.* (2014) montre que les polysaccharides extraits des racines de la même espèce, obtenus par la méthode de précipitation par l'éthanol, sont composés de rhamnose, d'arabinose, de glucose et de galactose. Les tests d'activité anti-oxydante ont révélé que la fraction LMP-60 a noté une bonne capacité de piégeage du radical hydroxyle et du radical superoxyde à 2,0 mg/ml avec des taux de 52,9% et 85,8%, respectivement.

WANG *et al.* (2010) ont signalé que non seulement la composition chimique mais aussi la masse moléculaire et la ramification des polysaccharides, influencent la capacité anti-oxydante. LIN *et al.* (2012) montre que les polysaccharides neutres présentent des capacités anti-oxydantes plus fortes que les polysaccharides acides. En outre, WANG *et al.* (2018) ont indiqué que les polysaccharides riches en groupes hydroxyles sont également responsables de l'activité anti-oxydante. Le rapport entre le poids moléculaire et l'acide uronique est également important pour la bioactivité des polysaccharides. Selon FAN *et al.* (2018), les polysaccharides extraits à partir *Dendrobium officinale* composés de glucose et de mannose, est un glucomannane a capacité d'inhibition des radicaux DPPH^{*}, des radicaux ABTS⁺ et des radicaux hydroxyles.

CHEN *et al.* (2018a) constatent que l'activité de piégeage des radicaux DPPH des polysaccharides est due à leurs capacités donneuses d'électrons ou d'hydrogène. les polysaccharidique extraits des racines de *Symphytum officinale* L. contient acides galactorunique, glucose, galactose et arabinose avec un rapport molaire 3.14 ± 0.12 , 68.92 ± 0.98 , 16.36 ± 0.80 et 11.58 ± 0.46 a une capacité de piégeage plus excellente contre le radical DPPH, ce qui peut être dû à sa forte capacité donneuse d'hydrogène. Par ailleurs, les groupes d'acide uronique existant dans les polysaccharides peuvent libérer l'atome d'hydrogène. Ainsi que la composition monosaccharidique et poids moléculaire, qui pourraient provoquer des différences dans la séquence des monosaccharides, des liaisons glucosidiques et des configurations et avoir des effets importants sur leurs capacités donneuses d'hydrogène.

Parmi les groupes fonctionnels de polysaccharides, le groupe hydroxyle libre peut contribuer à l'action antioxydant en faisant un donneur d'électrons pour réduire les radicaux à des

formes plus stables et / ou en réagissant directement avec des radicaux pour terminer la réaction en chaîne radicale. Le polysaccharide de masse moléculaire plus faible présente une activité antioxydante en raison d'avoir plus de groupes OH réducteurs. Parallèlement, les échantillons dégradés (aux faibles poids moléculaires) ont une meilleure solubilité dans l'eau et une plus grande surface, ce qui peut conduire à des groupes chimiques dans les échantillons dégradés ayant plus de chance d'avoir des contacts avec les radicaux (XU *et al.*, 2018).

III.3.2.-Activité antidiabétique

L' α -glucosidase est une enzyme qui catalyse l'hydrolyse successivement la liaison α (1 $\rightarrow$ 4) pour libérer une seule molécule de glucose dans l'intestin. Ainsi, la réduction de l'activité de l' α -glucosidase est l'une des stratégies thérapeutiques potentielles pour contrôler la glycémie après le repas. Les polysaccharides isolés des plantes, y compris la *Psidium guajava* Linn. et *Abelmoschus esculentus*, possèdent des effets similaires à ceux de l'insuline en régulant l'absorption et l'utilisation du glucose dans les tissus sans effets secondaires. Ils limitent la production et l'absorption de glucose et, par conséquent, ils diminuent les symptômes d'hyperglycémie postprandiale (JIA *et al.*, 2017). Les inhibiteurs de l'enzyme α -glucosidase retardent la dégradation de l'amidon et abaissent les taux de glycémie postprandiale chez les patients diabétiques. Les inhibiteurs synthétiques sont utilisés cliniquement pour un contrôle efficace de l'hyperglycémie chez les patients diabétiques de type II (ZHUA *et al.*, 2016).

La figure 08 présente les pourcentages d'inhibition (%) de l'activité enzymatique de l' α -D-glucosidase en présence de l'acarbose et des extraits polysaccharidiques.

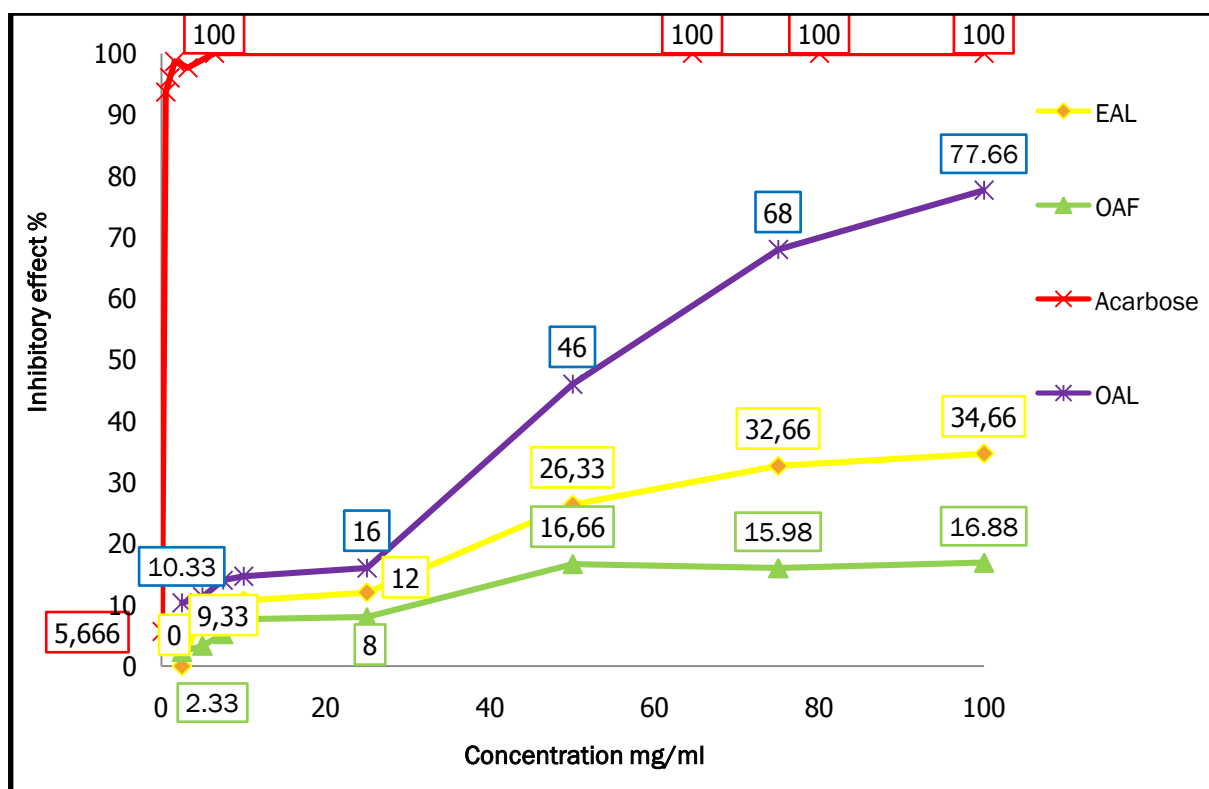


Figure 8.- Pourcentages d'inhibition (%) de l'α-D-glucosidase en présence de l'acarbose ou des extraits polysaccharidiques.

OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*.

Le pourcentage d'inhibition de l'extrait polysaccharidique des feuilles d'*Oudneya africana* (OAL) est de 77,67% pour une concentration maximale de 100 mg/ml et de 10,33%, pour une concentration minimale de 2,5mg/ml. Pour l'extrait polysaccharidique des fruits d'*Oudneya africana* (OAF), les pourcentages d'inhibition (%) de l'enzyme l'α-D-glucosidase est de 16,88% pour une concentration maximale de 100 mg/ml et de 2,33% pour une concentration minimale de 2,5mg/ml. Tandis que les pourcentages d'inhibition de l'extrait polysaccharidique des feuilles d'*Ephedra alata* (EAL) est de 34,66% pour une concentration maximale de 100 mg/ml et de 0%, pour une concentration minimale de 2,5mg/ml. L'acarbose a un fort pouvoir inhibiteur de 100% à partir d'une concentration de 6,456mg/ml, tandis qu'il semble que cette inhibition est de 5,66% à la concentration de 0,0645 mg/ml. Il est remarqué que pour l'acarbose et les fractions polysaccharidiques testées, les pourcentages d'inhibitions augmentent proportionnellement avec l'augmentation des concentrations. D'après les résultats obtenus, il est noté que la fraction polysaccharidique des feuilles d'*Oudneya africana* (OAL) possède un fort

pouvoir inhibiteur de 77,67% par rapport aux deux fractions OAF et EAL avec un pouvoir inhibiteur maximal de 16.88%, 34.66 % respectivement, pour les mêmes concentrations de 100mg/ml.

Un polysaccharide extrait à partir des fruits d'abricot (*Armeniacasibirica* L. Lam.) est composé de rhamnose, de glucose, de mannose, et de galactose avec un rapport molaire de 1,34: 2,01: 0,48 : 0,35 à une capacité inhibitrice élevée de 89,76% de l'enzyme α -D-glucosidase avec une valeur IC₅₀ de $6,06 \pm 0,02$ mg / mL (CUI *et al.*, 2015).

PRM3 est une fraction purifiée de racine de *Rhynchosia minima*, qui présente une forte activité inhibitrice de l' α -glucosidase *in vitro*, soit 64,33 % lorsque la concentration est 16 mg / mL et une valeur de IC₅₀ de 8.85mg/mL. PRM3 est un polysaccharide homogène avec un poids moléculaire moyen de 97,3 kDa qui est constitué de rhamnose, d'arabinose, de galactose et d'acide galactorunique (JIA *et al.*, 2017).

JIAN *et al.* (2017) montrent qu'un polysaccharide isolé des feuilles de *Synsepalum dulcificum* est composé d'arabinose, de galactose, de glucose, de rhamnose et de xylose. Il présente un pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -glucosidase très élevé qui a passé de 5,6% à 98,5% lorsque la concentration est augmentée de 0,0025 à 0,08 mg/mL.

LIU. (2012) a constaté que la propriété inhibitrice de l'enzyme α -D-glucosidase semble être liée aux différences de la composition en monosaccharide et en poids moléculaire du polysaccharide.

Une corrélation claire entre la composition chimique et l'activité de l' α -glucosidase n'est pas encore identifiée. Il est noté que de nombreux facteurs de caractéristiques chimiques et structurales influencent sur les propriétés bioactives et qu'une étude plus approfondie est nécessaire pour définir la relation entre la composition chimique et la structure des polysaccharides complexes avec leurs activités biologiques (ROSS *et al.*, 2015).

Conclusion et perspectives

Conclusion

L'étude des polysaccharides hydrosolubles de deux plantes spontanées *Oudneya africana* (Brassicaceae) et *Ephedra alata* (Ephedraceae) récoltées au Sahara septentrional Est algérien, débute par une macération à chaud. L'extraction des polysaccharides hydrosolubles a donné trois fractions brutes isolées des feuilles (OAL) et des fruits (OAF) d'*Oudneya africana* et des feuilles d'*Ephedra alata* (EAL). Les rendements massiques notés sont 14.5%, de 6.05% et 8.3% pour les extraits OAL, OAF et EAL respectivement.

De l'étude de la composition des extraits polysaccharidiques d'*Oudneya africana* et d'*Ephedra alata* est effectuée par des dosages colorimétriques, la fraction OAL est constituée de $35.85 \pm 0.07\%$, de $23.61 \pm 0.007\%$ et de $0.25 \pm 0.03\%$, en oses totaux, en oses neutres et en oses acides respectivement. Pour la fraction OAF, il est noté des teneurs des oses totaux, des oses neutres et des oses acides de $12.64 \pm 0.05\%$, $14 \pm 0.03\%$ et de $3.05 \pm 0.04\%$ respectivement. La fraction isolée d'*Ephedra alata* (EAL) contient des taux de $8.04 \pm 0.001\%$ d'oses totaux, de $3.04 \pm 0.02\%$ d'oses neutres et de $0.37 \pm 0.001\%$ d'oses acides. Les teneurs en oses réducteurs et en polyphénols totaux sont nulles dans toutes les fractions étudiées. Les oses neutres sont les constituants majeurs des extraits bruts des polysaccharides hydrosolubles pour les trois fractions.

L'analyse qualitative par chromatographie sur couche mince (CCM), réalisée après hydrolyse par l'acide trifluoroacétique, révèle que la fraction OAL se compose d'arabinose et /ou mannose, de glucose et d'acide glucuronique, et que la fraction OAF d'arabinose et /ou de mannose, de galactose, de glucose, de xylose et d'acide glucuronique. Pour la fraction EAL, la composition semble être de l'arabinose et /ou du mannose et du glucose. D'après l'analyse qualitative par CCM, les extraits polysaccharidiques hydrosolubles des deux plantes *Oudneya africana* et *Ephedra alata* sont probablement des hétéro-polysaccharides.

L'activité anti-oxydante est évaluée par le test de réduction DPPH. Il est signalé que les extraits polysaccharidiques hydrosolubles des trois fractions (OAL, OAF et EAL) possèdent une activité appréciable au vu des pourcentages d'inhibition de radicaux DPPH qui sont de 86.21%, 85.55% et 77.49% respectivement.

L'évaluation de l'activité antidiabétique par la mesure du pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase montre que la fraction OAL a un fort pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase, soit un pourcentage d'inhibition de 77,67%. Les fractions OAF et EAL ont des faibles pouvoirs inhibiteurs de l'enzyme α -D-glucosidase avec des pourcentages d'inhibition de 16.88% et de 34.66% respectivement. Parmi les trois fractions testées, la fraction

polysaccharidique isolé de OAL présente une activité anti-oxydante et une activité antidiabétique appréciable.

Perspectives

Il est souhaitable d'optimiser les conditions d'extraction, à savoir la température, le temps d'extraction, le type et le pourcentage d'alcool-eau utilisé au cours de la précipitation des polysaccharides pour améliorer les rendements d'extraction des polysaccharides.

Pour une bonne caractérisation de la composition en oses constitutifs des extraits polysaccharidiques hydrosolubles, il est suggéré l'utilisation d'autres méthodes telles que HPLC et la chromatographie en phase gazeuse pour caractériser précisément les résidus glycosidiques constituant les polysaccharides. En plus une analyse structurale par spectrométrie de masse (SM) et par la résonance magnétique (RMN) est recommandée pour établir une relation structure fonction entre les extraits et les activités étudiées.

Pour une meilleure évaluation des activités biologiques des polysaccharides, il faut purifier l'extrait polysaccharidique, afin de préciser les parties responsables des effets remarqués, en plus, de faire d'autres tests de l'activité anti-oxydante. Il est aussi préférable d'étudier l'activité anticancéreuse des polysaccharides extraits d'*Ephedra alata* qui est utilisée en médecine traditionnelle comme un remède contre le malade de cancer.

Références bibliographiques

1. ALI N.M., YEAP S.K., HO W.Y., BEH B.K., TAN S.W. and TAN S.G., 2012-The Promising Future of Chia, *Salvia hispanica* L. Journal of Biomedicine and Biotechnology. vol.1: 1-9.
2. ALPIZAR-REYES E., CARRILLO-NAVAS H., GALLARDO-RIVERA R., VARELA-GUERRERO V., ALVAREZ-RAMIREZ J and PEREZ-ALONSO C.,2017-Functional properties and physicochemical characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) seed mucilage powder as a novel hydrocolloid. Journal of Food Engineering, vol. 209 : 68-75.
3. AL-SHEHBAZ I A., BEILSTEIN M A and KELLOGG E. A., 2006-Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. Pl. Syst. Evol, vol. 259: 89–120.
4. ANAS I Y., ULRICA E., and ANN-CHRISTINE A.,2017-Transfer of Biomatrix/Wood Cell Interactions to Hemicellulose-Based Materials to Control Water Interaction .Chem. Rev, vol.17: 8177–8207.
5. APOLINARIO A C., DE LIMA DAMASCENO B P G., DE MACEDO BELTRÃO N E., PESSOA A., CONVERT I A and DA SILVA J A.,2014-Inulin- type fructans: A review on different aspects of biochemical and pharmaceutical technology. Carbohydrate Polymers, vol. 101: 368–378.
6. ASZTALOS A., DANIELS M., SETHI A., SHEN T Y., LANGAN P., REDONDO A and GNANAKARAN, S., 2012- Acoarse-grained model for synergistic action of multiple enzymes on cellulose. Biotechnology for Biofuels, vol. 5:1-15.
7. ATES O., 2015- Systems Biology of Microbial Exopolysaccharides Production, Front Bioeng Biotechnol, vol. 3:1-16.
8. BARBARA P., SAMUEL C and ZEEMA N., 2016-Formation of starch in plant cells .Cellular and Molecular Life Sciences, vol. 73: 2781–2807.
9. BENAOUN F., 2017- Caractérisation Structurale et Potentiel Biologique des Polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (*Plantaginaceae*) et *Urginea noctiflora* Batt. et Trab. (*Liliaceae*). Thème doctorat, l'Université de Ouargla, 89p.
10. BENKOVIĆ M., BELŠČAK -CVITANOVIĆ A., BAUMAN I., KOMES D and SREČEC S.,2017- Flow properties and chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flours as related to particle size and seed presence. Food Research International, vol. 100: 211-218.
11. BISHT R., BHATTACHARYA S and JALIWALA Y., 2014- Evaluating the use of root extract of *Abroma augusta* as alpha glucosidase inhibitor for Type-II diabetes. Annals of Plant Sciences, vol. 3: 686-691.

12. BISHT S., KANT R., KUMAR S., 2013- α -D-Glucosidase inhibitory activity of polysaccharide isolated from *Acacia tortilis* gum exudates. *Internat J BiolMacromol*, vol. 59: 214–20.
13. BLUMENKRANTZ N and ASBOE-HANSEN G., 1973- New Method for Quantitative Determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*, vol. 54: 484-489.
14. BOUAL Z., CHOUANA T., KEMASSI A., HAMID OUDJANA A., DADDI BOUHOUN M., MICHAUD P and OULD EL HADJ M.D., 2015-Étude physicochimique et biologique des polysaccharides hydrosolubles de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae). *Phytothérapie*, vol. 13:396-402.
15. BOUAL Z., KEMASSI A., HAMID OUDJANA A., MICHAUD P. and OULD EL HADJ M. D., 2013- Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *Malva parviflora* L. (Malvaceae): activité périodique. *Lebanese Science Journal*, vol. 14 : 41-51.
16. BOUAL Z., KEMASSI A., MICHAUD P. and OULD EL HADJ M. D., 2011- Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*asphodelustenuifoliuscavan* (liliaceae): effet prébiotique des oligosaccharides issus de l'hydrolyse des polysaccharides. *Algerian journal of arid environment*, vol. 1: 52-60.
17. BOUHADJERA K., KEBIR T., BABA-AHMED A and BENDAHO M., 2005- Antimicrobial activity of the sterols and steroids extracted from the Algerian *Oudneya africana* R.Br. *Pak J Biol Sci*, vol.8: 834-838.
18. BOUSBIA N., 2011-Extraction des huiles essentielle riches en anti oxydants a partir de produits naturels et de Co- produit Agroalimentaire, Thèse de doctorat Ecole nationale supérieure Agronomique, chimie ,79p.
19. BOUSELSAL B et KHERICI B., 2014- Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (SE Algérie). *Afrique SCIENCE*, vol. 10: 161 – 170.
20. BRIAN-JAISSON F., 2014- Identification et caractérisation des exo-polymères de biofilms de bactéries marines. Thème doctorat. Université de Toulon, 257p.
21. BRUDIEUX V., 2007- Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures pectiques. Application de la relation structure/activité à la dermocosmétique. Thèse De Doctorat de l'Université de Limoges, France, 193p.
22. CAI L., ZOU S., LIANG D. and LUAN L., 2017- Structural characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Sophorae tonkinensis* Radix. *Carbohydrate Polymers*, vol. 184:354-365.

23. CAI L., ZOU S., LIANG D. and LUAN L., 2017- Structural characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Sophoraetokinensis* Radix. Carbohydrate Polymers, vol.184: 354-365.
24. CAI W., XU H., XIE L., Sun J., SUN T., WU X. and FU Q., 2016-Purification, characterization and in vitro anticoagulant activity of polysaccharides from *Gentiana scabra* Bunge roots, Carbohydrate Polymers, vol. 140: 308-313.
25. CAICAI K., LIMIN H., LIMING Z., ZHIQIANG Z and YONGWU Y., 2018- Isolation, purification and antioxidant activity of polysaccharides from the leaves of maca (*Lepidium Meyenii*). International Journal of Biological Macromolecules. vol. 107: 2611-2619.
26. CERQUEIRA M. A., SOUZA, B. W. S., SIMÕES J., TEIXEIRA J. A., DOMINGUES M. R. M., COIMBRA M. A and VICENTE A. A., 2011- Structural and thermal characterization of galactomannans from nonconventional sources. Carbohydrate Polymers, vol. 83:179-185.
27. CHAO X., GUAN S., WANG B., WANG S., WANG Y., SUN C., MA X. and LIU T., 2018-Synthesis of protocatechuic acid grafted chitosan copolymer: Structure characterization and in vitro neuroprotective potential. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 109: 1–11.
28. CHEN DA., PHILIP J., HARRIS., IAN M S, ZORAN Z., LAURENCE D and MELTO N., 2017- Polysaccharide compositions of collenchyma cell walls from celery (*Apium graveolens* L.) petioles. BMC Plant Biology, vol. 17:1-13.
29. CHEN J., LAI P., SHEN H., ZHEN H and FANG R., 2013-Effect of Extraction Methods on Polysaccharide of *Clitocybe maxima* Stipe. Advance Journal of Food Science and Technology, vol. 5: 370-373.
30. CHEN S., SHANG H., YANG J., LI R and WU H., 2018a- Effects of different extraction techniques on physicochemical properties and activities of polysaccharides from comfrey (*Symphytum officinale* L.) root. Industrial Crops & Products, vol. 121: 18–25.
31. CHEN Y., JIANG X., XIE H., LI X. and SHI L., 2018b- Structural characterization and antitumor activity of apolysaccharide from *ramulus mori* , Carbohydrate Polymers, vol.190: 232-239.
32. CHENG Y., JIA G., JIANG-SHENG Z. and SHAO-PING L., 2010- Use of HPTLC to Differentiate Among the Crude Polysaccharides in Six Traditional Chinese Medicines. Journal of Planar Chromatography, vol. 23: 46-49.
33. CHOUANA T., PIERRE G., VIAL C., GARDARIN C., WADOUACHI A., CAILLEU D., LE CERF D., BOUAL Z., OULD EL HADJ M.D., MICHAUD P and DELATTRE C., 2017- Structural characterization and rheological properties of a galactomannan from *Astragalus gombo* Bunge seeds harvested in Algerian Sahara. Carbohydrate Polymers, vol.175: 387-394

34. CIOLACU D., PITOL-FILHO L and CIOLACU F., 2012-Studies concerning the accessibility of different allomorphic forms of cellulose. *Cellulose*, vol. 19: 55–68.
35. CUI J, GU X, WANG F, OUYANG J and WANG J., 2015-Purification and structural characterization of α -glucosidase inhibitory polysaccharide from apricot (*Armeniaca sibirica* L. Lam.) pulp. *Carbohydrate Polymers*, vol. 121: 309–314.
36. DAVID J. H. and HAZEL P., 1998- Analytical biochemistry, 3ème Edition. Ed. Prentice Hall, Angleterre, 336p.
37. DE CAMPO C., DOS SANTOS P., TMH C., PAESE K., GUTERRES S. S., RIOS A. D. O and FLÔRES S. H., 2017- Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: characterization and stability evaluation. *Food Chemistry*, vol. 234 :1-9.
38. DEA I. C. M and MORRISON A., 1975- Chemistry and interactions of seed galactomannans. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*, vol. 31: 241–312.
39. DELATTRE C., 2005- Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de glucuronanes. Thèse Doctorat de l'Université De Picardie Jules Verne, Amiens: 52-83p.
40. DIF M., BENCHIHA H., MEHDADI Z., BENALI-TOUMI F., BENYAHIA M and BOUTERFAS K., 2015- Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes de l'espèce *Papaver rhoeas* L. *Phytothérapie*, vol.13:314-319.
41. DJABOUN S., 1995- influence de l'hexane acidifié sur l'extraction de l'huile de grignon d'olive assistée par micro-ondes. Mémoire de magister, université Mouloud Mammeri Tizi – Ouzou, chimie, pp 30-32.
42. DU B., ZENG H., YANG Y., BIAN Z and XU B., 2016-Anti-inflammatory activity of polysaccharide from *Schizophyllum commune* as affected by ultrasonication. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol.91 : 100-105.
43. DUAN M., SHANG H., CHEN S., LIA R and WU H., 2018-Physicochemical properties and activities of comfrey polysaccharides extracted by different techniques. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 115: 876-882.
44. DUBOIS M., GILLES K. A., HAMILTON J. K., PEBERS P. A. and SMITH F., 1956- Colorimetric method for determination of sugar and relayed substances. *Analytical Chemistry*, vol. 28: 350-356.
45. EBRINGEROVA A., KARDOSOVA A., HROMADKOVA Z and HRIBALOVA V., 2003-Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, vol. 74: 52-61.

46. EL BOUZDOUDI B., SAÏDI R ., EMBARCH K ., EL MZIBRI M ., NEJJAR E A Z ., EL KBIACH M. L ., BADO C A ., PATRICK M and LAMARTI A., 2017- Mineral Composition of Mature Carob (*Ceratonia siliqua* L.) Pod: A Study. International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, vol. 7: 91-103.
47. FAN H., MENG Q., XIAO T and ZHANG L., 2018- Partial characterization and antioxidant activities of polysaccharides sequentially extracted from *Dendrobium officinale*. Journal of Food Measurement and Characterization, vol. 12: 1054-1064.
48. FAN J., WU Z., ZHAO T., SUN Y., YE H., XU R. and ZENG X., 2014.- Characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Ilex latifolia* Thunb. *Carbohydrate Polymers*, vol. 101:990-997.
49. FARJANEL J., PERRET F and ANDBORG. J., 2012-Chapitre 6 : Macromolécules édifices moléculaires biologique de la structure à la fonction. Chimie médicale cours et QCM. Ed, Ellipses, Paris, Pp 215-225.
50. FERNANDES S.S and SALAS-MELLADO M.M., 2017- Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. Food Chemistry, vol. 227: 237–244.
51. FERREIRA S S., PASSOS C P., MADUREIRA P., VILANOVA M and COIMBRA M.A., 2015-Structure-function relationships of immunostimulatory polysaccharides: a review, *Carbohydr. Polym*, vol. 132: 378–396.
52. GARCIA M.C., FRANCO C. M. L., JU´NIOR M. S. S and CALIARI M., 2016- Structural characteristics and gelatinization properties of sour cassava starch. *J Therm Anal Calorim*, vol. 123:919–26.
53. GHEBREGZABEIER M., RUFINI S., MONALDI B. and LATO M., 1975- Thin-layer chromatography of carbohydrates. *Chromatography*, vol. 127: 133-162.
54. GOLKAR P., HADIAN F and DEHKORDI M., 2018-Production of a new mucilage compound in *Lepidium sativum* callus by optimizing in vitro growth conditions. *Natural Product Research*, vol.15:1-6.
55. GORAI M., LAJILI W., SANTIAGO L.S and NEFFATI M., 2015- rapid recovery of photosynthesis and water relations following soil drying and re-watering is related to the adaptation of desert shrub *ephedra alata* subsp. *alata* .*Environmental and experimental botany*, vol. 109 : 113-121.

56. HAMDANI A. M., WANI I. A and BHAT N. A., 2018-Effect of gamma irradiation on the physicochemical and structural properties of plant seed gums. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 106 : 507-515.
57. HAMMAMI R., HAMIDA JB., VERGOTEN G., LACROIX J.M., SLOMIANNY M.C., MOHAMED N and FLISS I., 2009-A new antimicrobial peptide isolated from *Oudneya africana* seeds. *Microbiol Immunol*, vol. 53: 658–666.
58. HAN N. S. and ROBYT J. F., 1998- Separation and detection of sugars and alditols on thin layer chromatograms. *Carbohydrate Research*, vol. 313: 135-137.
59. HAN Q.J., 2012- Comparison of Two Extraction Methods of Polysaccharides from HERBA EPHEDRAE. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, vol.16:212-216.
60. HOTON-DORGE M., 1976- Séparation des aldoses et des polysaccharides par chromatographie sur couche mince de cellulose et nouveau réactif de pulvérisation permettant leur révélation sensible. *Chromatography*, vol. 116: 417-423.
61. HOU C., WIKSTRÖM N and RYDIN C., 2015-The chloroplast genome of *Ephedra foeminea* (Ephedraceae, Gnetales), an entomophilous gymnosperm endemic to the Mediterranean area. *Mitochondrial DNA*, vol.28:330-331.
62. IRLLA C.L.L., ALEXANDRA M D S.S., LUDMILLA S.D.M., SONIA M.,2018-Biological properties and pharmacological potential of plant exudates. *Accepted Manuscript*, vol. 105 : 1039-1053.
63. JANA S and SENK K., 2017-Chitosan—Locust bean gum interpenetrating polymeric network nanocomposites for delivery of aceclofenac. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 102: 878-884.
64. JARADAT N., F HUSSEN F and ALI A. AL., 2015- Preliminary Phytochemical Screening, Quantitative Estimation of Total Flavonoids, Total Phenols and Antioxidant Activity of *Ephedra alata* Decne. *J. Mater. Environ. Sci*, vol. 6: 1771-1778.
65. JENSEN S.L., DIEMER M.B, LUNDMARK M., LARSEN F.H., BLENNOW A., MOGENSEN H.K and NIELSEN T.H.,2016-Levanase from *Bacillus subtilis* hydrolyses beta-2,6 fructosyl bonds in bacterial levans and in grass fructans, *Int. J. Biol. Macromol*, vol.85:514-521.
66. JERBI A., ZEHRI S., ABDNNABI R., GHARSALLAH N and KAMMOUN M., 2017 Essential Oil Composition, Free-Radical-Scavenging and Antibacterial Effect from Stems of *Ephedra alata* alenda in Tunisia. *Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, vol.7: 626-734.

67. JIA X., HU J., HE M., ZHANG Q., LI P., WAN J and HE C., 2017- α -Glucosidase inhibitory activity and structural characterization of polysaccharide fraction from *Rhynchosia minima* root. Journal of Functional Foods, vol. 28: 76-82.
68. JIAN H., QIAO F., CHEN J and HE N., 2017-Physicochemical Characterisation of Polysaccharides from the Seeds and Leaves of Miracle Fruit (*Synsepalum dulcificum*) and Their Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activities In Vitro. Journal of Chemistry, vol. 2017:1-10.
69. JINCHAO S.and XUEGUANG S., 2005- A comparison of accelerated solvent extraction, Soxhlet extraction, and ultrasonic-assisted extraction for analysis of terpenoids and sterols in tobacco. Anal. Bioanal. Chem, vol.383: 1003–1008.
70. JING C., YUAN Y., TANG Q., ZOU P., LI Y. and ZHANG C., 2017- Extraction optimization, preliminary characterization and antioxidant activities of polysaccharides from Glycine soja. International Journal of Biological Macromolecules, vol.103:1207–1216.
71. JING Y., GAO Y., WANG W., CHENG Y., LU P., MA F C and ZHANG Y., 2016- Optimization of the extraction of polysaccharides from tobacco waste and their biological activities. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 9:188–197.
72. JING Y., GAO Y., WANG W., CHENG Y., LU P., MA C., ZHANG Y., 2016- Optimization of the extraction of polysaccharides from tobacco wasteand their biological activities. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 91: 188–197.
73. JOHANSSON L., VIRKKI L., ANTTILA H., ESSELSTROM H., TUOMAINEN P. and SONTAG-STROHM T., 2006- Hydrolysis of β -glucan. Food Chemistry, vol. 97:71–79.
74. JUNIO H. A., CORDERO A. A., ETTEFAGH K. A., BURNS J. T., MICKO K. T., GRAF T. N. 2011.- Synergy-directed fractionation of botanical medicines: A case study with goldenseal (*Hydrastis canadensis*). Journal of Natural Products, vol. 74: 1621-1629.
75. KANG C., HAO L., ZHANG L., ZHENG Z. and YANG Y., 2017- Isolation, purification and antioxidant activity of polysaccharidesfrom the leaves of maca (*Lepidium Meyenii*). International Journal of Biological Macromolecules, vol. 107:2611-2619.
76. KARAKAYA S., GÖZCÜ S., GÜVENALP Z., ÖZBEK H., YUCA H., DURSUNOĞLU B., KAZAZ C and KILIÇ C., 2017- The α -amylase and α -glucosidase inhibitory activities of the dichloromethane extracts and constituents of *Ferulago bracteata* roots. Pharmaceutical Biology, vol. 56: 18-24.
77. KARDOSOVA A and MACHOVA E., 2006.-Antioxidant activity of medicinal plant polysaccharides. Fitoterapia, vol. 77: 367-373.

78. KAUR S., KANWARPAL S.D., ROBIN B and JASWINDER S., 2017-Genome-wide analysis of the cellulose synthase-like (Csl) gene family in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). BMC Plant Biology .vol. 193:1-17.
79. KITTANA N., ABU-RASS H., SABRA R., MANASRA L., HANANY H., JARADAT N., HUSSEIN F and ABDEL NASER ZAID AN., 2017- Topical aqueous extract of *Ephedra alata* can improve wound healing in an animal model. Chin J Traumatol, vol. 20:108-113.
80. KONE K., SORO Y and SIAKA S., 2017- Détermination des paramètres influençant le rendement d'extraction hydro-alcoolique des métabolites secondaires de *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae) et *Tridax procumbens* linn (Asteraceae). J. Soc. Ouest-Afr. Chim, vol. 44: 15-22.
81. KSOURI R., KSOURI W. M., JALLALI I., DEBEZ A., MAGNE C. and HIROKO I., 2012-Medicinal halophytes: Potent source of health promoting biomolecules with medical, nutraceutical and food applications. Crit. Rev. Biotechnol, vol.32:289-326.
82. KUANG H., XIA Y., YANG B., WANG Q and WANG Y., 2011- Screening and comparison of the immunosuppressive activities of polysaccharides from the stems of *Ephedra sinica* Stapf. Carbohydrate Polymers, vol. 83: 787–795.
83. KUMAR D., PANDEY J and KUMAR P., 2018- Microwave assisted synthesis of binary grafted psyllium and its utility in anticancer formulation. Carbohydrate Polymers, vol. 179 : 408-414.
84. LAI L and LIANG H., 2012- Chemical compositions and some physical properties of the water and alkali-extracted mucilage from the young fronds of *Asplenium australasicum* (J. Sm.) Hook. Food Hydrocolloids. vol. 26: 344-349.
85. LAKHDARI W., DEHLIZ A., ACHEUK F., MLIK R., HAMMI H., DOUMANDJIMITICHE B., GHERIANI S., BERREKBIA M., GUERMIT K AND CHERGUI S., 2016- Ethnobotanical study of some plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). Journal of Medicinal Plants Studies, vol. 4: 204-211.
86. LEE Y., AYEY KO., AMBROSE M and HVOSLEF-EIDE AK.,2016- Immunolocalization of pectic polysaccharides during abscission in pea seeds (*Pisum sativum* L.) and in abscission less *def* pea mutant seeds. BMC Res Notes, vol. 31:9-427.
87. LEI S., 2016-Bioactivities, Isolation and Purification Methods of Polysaccharides from Natural Products: A review. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 92:37-48.
88. LI J .E., FAN S T., QIU Z. H., LI C. and NIE S.P., 2015- Total flavonoids content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru. LWT - Food Science and Technology, vol. 64: 1022-1027.

89. LI J., SUNB Q., MENG B Q., WANG L., XIONG D W and ZHANG A L., 2017a- Anti-fatigue activity of polysaccharide fractions from *Lepidium meyenii* Walp. (maca). International Journal of Biological Macromolecules, vol.95: 1305-1311.
90. LI S., HAO L., KANG Q., CUI Y., JIANG H., LIU X and LU J., 2018a- Purification, characterization and biological activities of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* leaves. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 103: 1302-1310.
91. LI S., LIU M., ZHANG C., TIAN C., WANG X., SONG X., JING H., GAO Z., REN Z., LIU W., ZHANG J., JIA L., 2018b- Purification, in vitro antioxidant and in vivo anti-aging activities of soluble polysaccharides by enzyme-assisted extraction from *Agaricus bisporus*. International Journal of Biological Macromolecules, vol.109: 457-466.
92. LI S., HAO L., KANG Q., CUI Y., JIANG H., LIU X and LU J., 2018c- Purification, characterization and biological activities of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* leaves. Int J Biol Macromol, vol. 103:1302-1310.
93. LI X ., CAVANAGH C ., VERBYLA K., THISTLETON J., WANG H., PEDLER A., KOOIJ-LIU P., LI Z and JOBLING S., 2017b- A modified Megazyme fructan assay for rapidly screening wheat starch synthase II a mutation populations reveals high fructan accumulation in mature grains of triple null lines. Journal of Cereal Science, vol. 73: 143-150.
94. LI Y., XIN Y., XU F., ZHENG M., XI X., CUI X., CAO H., GUO H and HAN C ., 2018d- Maca polysaccharides: Extraction optimization, structural features and anti-fatigue activities. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 115 : 618-624.
95. LI Z., HE X., LIU F., WANG J and FENG J., 2018e- A review of polysaccharides from *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera*: Properties, functions and applications. Carbohydrate Polymers, vol. 184: 178–190.
96. LIANG S., MENG X., WANG Z., LIU J., KUANG H and WANG Q., 2017- Polysaccharide from *Ephedra sinica* Stapf inhibits inflammation expression by regulating Factor- γ /Smad2 signaling. Int J Biol Macromol, vol.106:947-954.
97. LIMMONGKON A., JANHOM P., AMTHONG A., KAWPANUK M., NOPPRANG P., POOHADSUAN J., SOMBOON T., SAIJEEN S., SURANGKUL D., SRIKUMMOOL M and BOONSONG T., 2017- Antioxidant activity, total phenolic, and resveratrol content in five cultivars of peanut sprouts. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, vol. 7:332-338.
98. LIN L., ZHUANG M., ZOU L., LEI F., YANG B and ZHAO M., 2012- Structural characteristics of water-soluble polysaccharides from *Rabdosia serra* (MAXIM.) HARA leaf and stem and their antioxidant capacities. Food Chemistry, vol. 135: 730-737.

99. LIU G., 2012- Chemical compositions, α -glucosidase and α -amylase inhibitory activities of crude polysaccharides from the endodermis of shaddock (*citrus maxima*). *Arch. Biol. Sci.*, Belgrade, vol. 64: 71-76.
100. LIU J., ZHAO Y., WU Q., JOHN A., JIANG Y., YANG J., LIU H and YANG B., 2018a-Structure characterisation of polysaccharides in vegetable “okra” and evaluation of hypoglycemic activity. *Food Chemistry*, vol. 242 : 211-216.
101. LIU Q., CAO X., ZHUANG X., HAN W., GUO W., XIONG J and ZHANG X., 2017b- Rice bran polysaccharides and oligosaccharides modified by *Grifola frondosa* fermentation: Antioxidant activities and effects on the production of NO. *Food Chemistry*, vol. 223: 49–53.
102. LIU Y., SUN Y and HUANG G., 2018e-Preparation and antioxidant activities of important traditional plant polysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 111:780-786.
103. LIU Y., TANG Q., DUAN X., TANG T., KE Y., ZHANG L ., LI C., LIU A., SU Z and HU B.,2018c-Antioxidant and anticoagulant activities of mycelia polysaccharides from *Catathelasma ventricosum* after sulfated modification. *Industrial Crops and Products*, vol.112: 53-60.
104. LIU Y., TANG Q., DUAN X., TANG T., KE Y., ZHANG L., LIA C., LIU A., SU Z and HU B.,2018f- Antioxidant and anticoagulant activities of mycelia polysaccharides from *Catathelasma ventricosum* after sulfated modification. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol .109 : 1054-1060.
105. LIU Y., YOU Y., LI Y., ZHANG L., YIN L., SHEN Y., LI C., CHEN H., CHEN S., HU B. and CHEN D., 2017c- The characterization, selenylation and antidiabetic activity of mycelia polysaccharides from *Catathelasma ventricosum*. *Carbohydrate Polymers*, vol. 174 : 72–81.
106. LIU Y., ZHAN J and MENG Z ., 2018h-Purification, characterization and anti-tumor activities of polysaccharides extracted from wild *Russula griseocarnosa*. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 109 : 1054-1060.
107. LIU Y., ZHOU Y., LIU M., WANG Q and LI Y., 2018d- Extraction optimization, characterization, antioxidant and immunomodulatory activities of a novel polysaccharide from the wild mushroom *Paxillus involutus*. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 112: 326–332.
108. LUKOVA P., KARCHEVA K., -BAHCHEVANSKA D.P., NIKOLOVA M.M., ILIEV I.N. and MLADENOV R., 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* , vol. 49:282– 288.

109. MA F., ZHANG Y., YAO Y., WEN Y., HU W., ZHANG J., LIU X., BELL A and TIKKANEN-KAUKANEN C., 2017- Chemical components and emulsification properties of mucilage from *Dioscorea opposita* Thunb. Food Chemistry vol. 228:315–322.
110. MA F., ZHANG Y., YAO Y., WEN Y., HU W., ZHANG J., LIU X., E.BELL A and TIKKANEN-KAUKANEN C., 2017-Carina Tikkanen-Kaukanen d Chemical components and emulsification properties of mucilage from *Dioscorea opposita* Thunb Food Chemistry, vol. 228:315–322.
111. MAHBOUB N., SLIMANI N., KHELIL A. 2017- study of the effect of different drying modes on the antioxidant and antibacterial activities of *oudneya africana* .Pharmacophore, vol. 8:6-9.
112. MASINA N., CHOONARA Y., KUMAR P., DU TOIT L., GOVENDER M., INDERMUN S and PILLAY V., 2017-A review of the chemical modification techniques of starch. Carbohydrate Polymers, vol. 157: 1226-1236.
113. MAZAREI F., JOOYANDEH H., NOSHAD M and HOJJATI M., 2017- Polysaccharide of caper (*Capparis spinosa* L.) Leaf: Extraction optimization, antioxidant potential and antimicrobial activity. Int J Biol Macromol, vol. 95: 224-231.
114. MIAO J., LI X., ZHAO C., GAO X., WANG Y. and GAO W., 2018-Active compounds, antioxidant activity and α -glucosidase inhibitory activity of different varieties of Chaenomeles fruits. Food chemistry, vol. 248: 330-339.
115. MONSIGNY M., CLAIRE P and ROCHE A., 1988- Calorimetric Determination of Neutral Sugars by a Resorcinol Sulfuric Acid Micromethod. Analytical Biochemistry, vol. 175: 525-530.
116. MORRISON I. M and STEWART D., 1998- Plant cell wall fragments released on solubilisation in trifluoroacetic acid. Phytochemistry, vol. 49: 1555-1563.
117. MOURADI A., CHIKHAOUI-KHAY M., AITAKKI S., AKALLAL R., HRRIMLE I. and GIVERNAUD T., 2006- Analyse structurale des fractions polysaccharidiques extraites de la paroi cellulaire d'*Hypnea musciformis* (Rhodophyceae, Gigartinales). Afrique SCIENCE, vol. 02: 226-244.
118. MUDDATHIR A.M, YAMAUCHI K ,I. BATUBARA I, MOHIELDIN E.A.M and MITSUNAGA T.,2017- Anti-tyrosinase, total phenolic content and antioxidant activity of selected Sudanese medicinal plants. South African Journal of Botany, vol. 109: 9–15.
119. NAVEED M., BROWN L.K., RAFFAN A.C., GEORGE T.S., BENGOUGH A.G., SINCLAIR I., KOEBERNICK N., COOPER L., HACKETT C. A and HALLETT P. D., 2017- Plant exudates may stabilize or weaken soil depending on species, origin and time. European Journal of Soil Science, vol. 68:806-816.

120. NERI-NUMA I.A., PAULINO B.N., PESSOA M.G., ABRAHÃO M. R. E., BUTION M. L., MOLINA G and PASTORE G. M .,2016-Industrial additives obtained through microbial biotechnology: biosurfactants and prebiotic carbohydrates. In: Gupta VK, Sharma GD, Tuohy MG, Gaur R (eds) The handbook of microbial bioresources. CABI, Oxfordshire, pp 528– 548.
121. NIU Y., WANG H., XIE Z., WHENT M., GAO X., ZHANG X., ZOU S., YAO W. and YU L., 2011- Structural analysis and bioactivity of a polysaccharide from the roots of *Astragalus membranaceus* (Fisch) Bge. var. *mongolicus* (Bge.) Hsiao. Food Chemistry, vol. 128: 620-626.
122. NURNADIAH R., ABD RASHID L., DZARAINI K and MOHD R A., 2017-Isolation and characterization of galactomannan from seed of *Leucaena leucocephala*. Polym. Bull, vol. 75:1-11.
123. OMS (Organisation mondiale de la Santé) 2003.- Principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation relatives à la médecine traditionnelle, WOH/TRM/2000.1 ; annexe II : 31-35.
124. ONER E. T., HERNANDEZ L and COMBIE J., 2016-Review of Levan polysaccharide: From a century of past experiences to future prospects. Biotechnol. Adv, vol. 34: 827-844.
125. ÖNER E.T, HERNÁNDEZ L and COMBIE J., 2016- Review of Levan polysaccharide: From a century of past experiences to future prospects. Biotechnol Adv, vol.34:827-844.
126. ORLOVSKAYA T. V and CHELOMBITKO V.A., 2007-CARBOHYDRATES FROM *Lepidium sativum*. Chemistry of Natural Compounds, vol. 43:306-307.
127. OULD EL HADJ M.D., HADJ-MAHAMMED H., ZABEIROU A and CHEHMA., 2003- Importance des plantes spontanées médicinales dans la pharmacopée traditionnelle de la région de ouargla (sahara septentrional - est algérien) sciences & Technologie, vol. 20 : 73-78.
128. PAN X. X., TAO J. H., JIANG S., ZHU Y and QIAN D. W., 2018-Characterization and immunomodulatory activity of polysaccharides from the stems and leaves of *Abelmoschus manihot* and a sulfated derivative .International Journal of Biological Macromolecules, vol.107: 9-16.
129. PASCALE R., BIANCO G., CATALDI T., KOPPLIN P., BOSCO F., VIGNOLA L., JENNY U., LUCIO M. and MILELLA L., 2018- Mass spectrometry-based phytochemical screening for hypoglycemic activity of Fagioli di Sarconi beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Chemistry, vol. 242:497-504.
130. PENG F., PENG P., XU F and SUN R. C., 2012-Fractional purification and bioconversion of hemicelluloses. Biotechnology Advances, vol.30: 879–903.
131. PETERA C. B., DELATTRE G., PIERRE A., WADOUACHI R., ELBOUTACHFAITI E., ENGEL L., PUGHON P., MICHAUD T.A. and FENORADOSOA., 2015-

- Characterization of arabinogalactan-rich mucilage from *Cereus triangularis* cladodes. Carbohydrate Polymers, vol. 127: 372-380.
132. PUSTJENS A. M, SCHOLS A. H, KABEL A. M and GRUPPEN H., 2013- Characterisation of cell wall polysaccharides from rapeseed (*Brassica napus*) meal. Carbohydrate Polymers, vol. 98:1650– 1656.
133. QIAN J.Y., BAI Y.Y., TANG J., CHEN W., 2015.-Antioxidation and α -glucosidase inhibitory activities of barley polysaccharides modified with sulfation. LWT- Food Science and Technology, vol.64:104-111.
134. QILEI Z., DONGQIANG L and SHANJING Y., 2015- Review on biomedical and bioengineering 8 applications of cellulose sulfate. Carbohydrate Polymers, vol. 132: 311-322.
135. QUEZEL P and SANTA S., 1962-Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, Paris, vol. 1, 402p
136. QUEZEL P and SANTA S., 1963a-Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, Paris, vol. 1 et 2, 1170 p.
137. QUEZEL P., SANTA S., 1963b-Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. In: CNRS (Ed.), vol. 1-2. Paris.
138. RAKHMANBERDYEVA R. K., KRISTALLOVICH L, and ABDUUAEV N. D., 1995- polysaccharides of *cardaria repens* and a study of their ir spectra. vol.31: 166-168.
139. RAO P R., LAXMIBABREKAR L., KHARPUDE V. S and CHAUDHARI J., 2017- Synthesis and characterization of psyllium seed mucilage grafted with *N*, *N*-methylene bisacrylamide. International Journal of Biological Macromolecules, vol.103 : 338-346.
140. RAO R.P., WARRIER D. U., GAIKWAD S. R., SHEVATE M. P., 2016- Phosphorylation of psyllium seed polysaccharide and its characterization Monica. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 85:317–326.
141. RAZA A, LI F, XU X and TANG J., 2017-Optimization of Ultrasonic-assisted extraction of antioxidant polysaccharides from the stem of *Trapa quadrispinosa* using response surface methodology. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 94: 335-344.
142. ROSS K., GODFREY D and FUKUMOTL L., 2015- The chemical composition, antioxidant activity and α -glucosidase inhibitory activity of water extractable polysaccharide conjugates from northern Manitoba lingonberry. Cogent Food & Agriculture, vol.1:1-19.
143. RUIZ G, 2005- Extraction, Détermination Structurale et Valorisation Chimique de Phycocolloïdes d'Algues Rouges. Thèse de Doctorat de l'Université De Limoges, France, Pp 38-189.

144. SALHI N., SALAMA M. EL-D and HALILAT M. EL-T., 2014-Allelotoxicity of *Oudneya africana* R. Br. aqueous leachate on germination efficiency of *Bromus tectorum* L. and *Triticum aestivum* L. *African Journal of Biotechnology*, vol. 13: 1194-1197.
145. SHAHIDI F. and ZHONG Y., 2015- Measurement of antioxidant activity. *Journal of functional foods*, 25p.
146. SHEPHERD C., GIACOMIN P., NAVARRO S., MILLER C., LOUKAS A., WANGCHUK P., 2018-A medicinal plant compound, capnoidine, prevents the onset of inflammation in a mouse model of colitis. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 211: 17–28.
147. SHONEKAN O. O., COKER H.A. and ROBERT N., 2018- Antioxidant and glucosidase inhibition activities of the mushroom: “*phaeogyroporus portentosus*”. *J. Chem Soc. Nigeria*, vol. 43: 15-23.
148. SINGLETON V. L and ROSSI J. A., 1965- Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, vol.16:144–158.
149. SNEHASISH B., OKAKO O., DAVID G., SRINIVAS T., JOCHEN Z., JEFFREY M and CATCHMAR K.,2016- Cellulose Microfibril Formation by Surface Tethered Cellulose Synthase Enzymes. *American Chemical Society*, vol.10: 1896–1907.
150. SONG F., GAN R., ZHANG Y., XIAO Q., KUANG L and LI H., 2012- Total Phenolic Contents and Antioxidant Capacities of Selected Chinese Medicinal Plants. *Int. J. Mol. Sci*, vol. 11: 2362-2372.
151. SOUMYA R S ., SHERIN S ., RAGHU K. G and ANNIE A .,2018-Allicin functionalized locust bean gum nanoparticles for improvedtherapeutic efficacy: An in silico, in vitro and in vivo approach. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 109 : 740-747.
152. SRIKANTH R., REDDY C. H, SIDDARTHA G, RAMAIAH M.J and UPPULURI KB., 2015- Review on production, characterization and applications of microbial levan. *Carbohydr. Polym*, vol.120:102-114.
153. SRIVASTAVA M and KAPOOR V. P., 2005-Seed galactomannans: An overview. *Chemical Biodiversity*, vol. 2: 295–317.
154. SU C. H., LAI M. N and NG L. T., 2017-Effects of different extraction temperatures on the physicochemical properties of bioactive polysaccharides from *Grifola frondosa*. *Food Chemistry*, vol. 220: 400–405.
155. SUN J.,ZHOU B., CHAOTANG C.,GOU Y., CHEN H.,WANG Y.,JIN C.,LIU J., NIU F., KAN J.,QIAN C and ZHANG N., 2018a- Characterization, antioxidant activity and

hepatoprotective effect of purple sweetpotato polysaccharides. International Journal of Biological Macromolecules, vol.115 :69-76.

156. SUN M., LI Y., TIANXIN W., YANWEI SUN Y., XU X and ZESHENG Z., 2018- Isolation, fine structure and morphology studies of galactomannan from endosperm of *Gleditsia japonica* var. *delavayi*. Carbohydrate Polymers, vol.184: 127-134.

157. SUN M., LI Y., WANG T., SUN Y., XU X and ZHANG Z., 2018 b-Isolation, fine structure and morphology studies of galactomannan from endosperm of *Gleditsia japonica* var. *delavayi*. Carbohydrate Polymers, vol. 184: 127-134.

158. TALENS-PERALES D., POLAINA J and MARÍN-NAVARRO J., 2016- Enzyme engineering for oligosaccharide biosynthesis. In: Shukla P (ed) Frontier discoveries and innovations in interdisciplinary microbiology. Springer, New York. 9-31Pp.

159. TANG T., DUAN X., KE Y., ZHANG L., SHEN Y. , HU B., □ IPING LIU I., CHEN^A H., LI C., WU W., SHEN L and LIU Y.,2018- Antidiabetic activities of polysaccharides from *Anoectochilus roxburghii* and *Anoectochilus formosanus* in STZ-induced diabetic mice. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 112: 882–888.

160. TELLI A., ESNAULT M. A. and OULD EL HADJ K.A., 2016- An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province).Journal of Arid Environments, vol. 127: 82-92.

161. TETSUO K., 2017-Occurrence of myo-inositol and alkyl-substituted polysaccharide in the prey-trapping mucilage of *Drosera capensis*. Sci Nat, vol. 105:104: 83.

162. THOMBARE N., JHA U., MISHRA S., and SIDDIQUI M.Z., 2016-Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. International Journal of Biological Macromolecules, vol.88:361-72.

163. TOHIDI B., RAHIMMALEK M and ARZANI A., 2017- Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. Food Chemistry, vol. 220: 153–161.

164. TOMULESCU C., STOICA R., SEVCENCO C., CĂȘĂRICĂ A., MOSCOVICI M and VAMANU A., 2016- LEVAN - A MINI review. Scientific bulletin. Series F. Biotechnologies, vol. xx: 309-320.

165. UDIGIE C., DUPONT G and ZONZAIN F., 1995- Principe des méthodes d'analyse biochimique, 2ème Edition. Ed. Biosciences et Technique, Paris. 44-56p.

166. VAN D. E. W., 2013-Multifunctional fructans and raffinose family oligosaccharides. Front Plant Sci, vol. 4:247-258.

167. VENDRUSCOLO C. W., FERRERO C., PINEDA E. A. G., SILVEIRA J. L. M., FREITAS R. A., JIMÉNEZ-CASTELLANOS M. R. and BRESOLIN T. M. B., 2009- Physicochemical and mechanical characterization of galactomannan from *Mimosa scabrella*: Effect of drying method. Carbohydrate Polymers, vol. 76: 86-93.
168. VOLDEN J., BORGE G. I., BENGTSSON G. B., HANSEN M., THYGESEN I. E. and WICKLUND T., 2008- Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. capitata f. rubra). Food Chemistry, vol. 109:595–605.
169. WAFFENSCHMITD S. and JAENICKE L., 1987-Assay of Reducing Sugars in the Nanomole Range with 2, 2'-Bicinchoninate. ANALYTICAL BIOCHEMISTRY, vol. 165:337-340.
170. WALISZEWSKA H. M., ZBOROWSKA M., WALISZEWSKA B., BORYSIK B. A., ANTCZAK W. and CZEKAŁ A., 2018- Transformation of Miscanthus and Sorghum cellulose during methane fermentation. Cellulose, vol. 25:1-10.
171. WANG X., YU S., TAO Z., JIANG B. O. and WANMENG M. U., 2015b-From fructans to difructose dianhydrides, Appl. Microbiol. Biotechnol, vol. 99: 175-188.
172. WANG C., LI W., CHEN Z., GAO X., YUAN G., PAN Y. and CHEN H., 2018- Effects of simulated gastrointestinal digestion in vitro on the chemical properties, antioxidant activity, α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity of polysaccharides from *Inonotus obliquus*. Food Research International, vol. 103: 280–288.
173. WANG H., LI N., ZHU C., SHI S., JIN H. and WANG S., 2017a- Anti-complementary activity of two homogeneous polysaccharides from *Eclipta prostrata*. Biochemical and Biophysical Research Communications, vol. 493: 887-893.
174. WANG L., LIU H., and QIN G., 2017b-Structure characterization and antioxidant activity of polysaccharides from Chinese quince seed meal. Food Chem, vol. 234:314-322.
175. WANG L., ZHANG B., XIA J., HUANG Q., LI C. and FU X., 2018- Physicochemical, functional, and biological properties of water-soluble polysaccharides from *Rosa roxburghii* Tratt fruit. Food Chemistry, vol. 249: 127–135.
176. WANG M., ZHAO S., ZHU P., NIE C., MA S., WANG N., DU X. and ZHOU Y., 2017c- Purification, characterization and immunomodulatory activity of water extractable polysaccharides from the swollen culms of *Zizania latifolia*. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 107:882-890.
177. WANG Q. and FANG Y., 2004- Analysis of sugars in traditional Chinese drugs. Journal of Chromatography B, vol. 812: 309–324.

178. WANG W., WANG X., YE H., HUB B., ZHOUB L., JABBAR S., ZENG X and SHEN W., 2016- Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Brassica rapa* L. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 82: 979–988.
179. WANG X. M., ZHANG Z. S and ZHAO M. X., 2015a- Carboxymethylation of polysaccharides from *Tremella fuciformis* for antioxidant and moisture-preserving activities, *Int. J. Biol Macromol*, vol. 72 :526–530.
180. WANG Y. F., YANG Z. W and WEI X. L., 2010a- Sugar compositions, α -glucosidase inhibitory and amylase inhibitory activities of polysaccharides from leaves and flowers of *Camellia sinensis* obtained by different extraction methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 47:534–539.
181. WANG Z. B., PEI J. J., MA H. L., CAI P. F. and YAN J. K., 2014- Effect of extraction media on preliminary characterizations and antioxidant activities of *Phellinus linteus* polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, vol. 109:49–55.
182. WANG, J., ZHANG, Q.B., ZHANG, Z.S., SONG, H.F and LI, P.C., 2010b- Potential antioxidant and anticoagulant capacity of low molecular weight fucoidan fractions extracted from *Laminaria japonica*. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 46: 6-12.
183. WARRAND J., 2004- Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs du mucilage de lin (*Linum usitatissimum*). Thème doctorat. Université de Picardie Jules Verne, Amien cedex. Pp 79-80.
184. WU Y., CUI W., TANG J., WANG Q. and X. GU. 2007- Preparation, partial characterization and bioactivity of watersoluble polysaccharides from boat fruited *sterculia* seeds. *Carbohydrate polymers*, vol.70: 437–443.
185. XIA Y., LIANG J., YANG B., WANG Q and KUANG H., 2010- Identification of Two Cold Water-Soluble Polysaccharides from the Stems of *Ephedra sinica* Stapf. *Chinese Medicine*, vol.1:63-68.
186. XIA Y., LIANG J., YANG B., WANG Q and KUANG H., 2015- Structural studies of an arabinan from the stems of *Ephedra sinica* by methylation analysis and 1D and 2D NMR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, vol.121: 449-456.
187. XIA Y., KUANG H., YANG B., WANG Q., LIANG J., SUN Y and WANG Y., 2011- Optimum extraction of acidic polysaccharides from the stems of *Ephedra sinica* Stapf by Box–Behnken statistical design and its anti-complement activity. *Carbohydrate Polymers*, vol. 84:282–291.
188. XIE J. H., JIN M. L., MORRIS G.A., ZHA X.Q., CHEN H.Q., YI Y., LI J.E., WANG Z. J., GAO J., NIE S.P., SHANG P and XIE M.Y., 2015- Advances on Bioactive

Polysaccharides from Medicinal Plants . 2015 .Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 56:60-84.

189. XU F., LIAO K., WU Y., PAN Q., WUA L., JIAO H., GUO D., LI B. and LIU B., 2016- Optimization, characterization, sulfation and antitumor activity of neutral polysaccharides from the fruit of *Borojoa sorbilis* cuter. Carbohydrate Polymers, vol. 151:364-372.

190. XU P., WU J., ZHANG Y., CHEN H., WANG Y., 2014.- Physicochemical characterization of *puerh tea* polysaccharides and their antioxidant and α -glucosidase inhibition. Journal of Functional Foods, vol. 6: 545-554.

191. XU Y., NIU X., LIU N., GAO Y., WANG L., XU G., LI X and YANG Y., 2018- Characterization, antioxidant and hypoglycemic activities of degraded polysaccharides from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) fruits. Food Chemistry, vol. 243 : 26-35.

192. XUE M., WANG Z and DAI B., 2005-Ultrasonic Extraction and Determination of Total Flavonoids and Polysaccharides in *Ephedra sinica*. LiShiZhen Medicine and Materia Medica Research, vol.1:1-12.

193. YAN X., YE R. and CHEN Y., 2015- Blasting extrusion processing: The increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble-fiber polysaccharides from wheat bran. Food Chemistry, vol. 180: 106–115.

194. YANG X., HUANG M., QIN C., LV B., MAO Q and LIU Z., 2017- Structural characterization and evaluation of the antioxidant activities of polysaccharides extracted from *Qingzhuan brick* tea. International Journal of Biological Macromolecules, vol.101 : 768-775.

195. YU X.H ., LIU Y., WU X.L., LIU L.Z., FU W. and SONG D.D., 2017a- Isolation, purification, characterization and immunostimulatory activity of polysaccharides derived from *American ginseng*. Carbohydrate Polymers, vol. 156: 9-18.

196. YU Y., SHEN M., SONG Q and XIE J., 2017b- Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review. Carbohydrate Polymers, vol. 183: 91-101.

197. YUAN Y., LIU Y., LIU M., CHEN Q., JIAO Y., YAN LIU Y and MENG Z., 2017- optimization extraction and bioactivities of polysaccharide from wild *russula griseocarnosa*. Saudi Pharmaceutical Journal, vol. 25:523-530.

198. YUE Y., LI Z., LI P., SONG N., LI B., LIN W and LIU S., 2017- Antiviral activity of a polysaccharide from *Laminaria japonica* against enterovirus 71. Biomedicine & Pharmacotherapy, vol. 96: 256-262.

199. ZENG B., SU M., CHEN Q., QIANG C., WEI W. and LI H., 2016a-Antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Anoectochilus roxburghii*. Carbohydrate Polymers, vol.153:391-398.

200. ZENG W and LAI L., 2016b-Characterization of mucilage extracted from the edible fronds of bird's nest fern (*Asplenium australasicum*) with enzymatic modifications. Food Hydrocolloids, vol.53: 84-92.
201. ZHA S., ZHAO Q., CHEN J., WANG L., ZHANG G., ZHANG H and ZHAO B., 2014-Extraction, purification and antioxidant activities of the polysaccharides from maca (*Lepidium meyenii*). Carbohydrate Polymers, vol. 111: 584–587.
202. ZHAN R., XIA L., SHAO J., WANG C., and. CHEN D., 2018-Polysaccharide isolated from Chinese jujube fruit (*Zizyphus jujuba* cv. Junzao) exerts anti-inflammatory effects through MAPK signaling. Journal of Functional Foods, vol. 40: 461–470.
203. ZHAN W., JIN L., JIAO J., ZHANG X., ZHANG Y., ZHAO H and LIANG M ., 2017- Expression and purification of plant fructan exohydrolases and their potential applications in fructose production. Int J Biol Macromol, vol. 108:9-17.
204. ZHANG M., WANG G., LAI F and WU H., 2016- Structural Characterization and Immunomodulatory Activity of a Novel Polysaccharide from *Lepidium meyenii*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 64: 1921-1931.
205. ZHANG M., WU W., REN Y., LI X., TANG Y., MIN T., LAI F., and WU H., 2017- Structural Characterization of a Novel Polysaccharide from *Lepidium meyenii* (maca) and Analysis of Its Regulatory Function in Macrophage Polarization in vitro. Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 65: 1146-1157.
206. ZHANG S., LI X-Z., 2015.-Inhibition of α -D-glucosidase by polysaccharides from the fruit hull of *Camellia oleifera* Abel, Carbohydrate Polymers, vol. 115: 38-43.
207. ZHANG W., HE H. and ZHANG X., 2007- Determination of neutral sugars in soil by capillary gas chromatography after derivatization to aldononitrile acetates. Soil Biology & Biochemistry, vol. 39: 2665–2669.
208. ZHAO X., LI J., LIU Y., WU D and CAI P. Y., 2017-Pan, Structural characterization and immunomodulatory activity of a water soluble polysaccharide isolated from *Botrychium ternatum*. Carbohydr. Polym, vol. 171:136-142.
209. ZHENG D.H., ZHOU Y., COBBINA S.J., WANG W., LI Q. and CHEN Y., 2017- Purification, characterization, and immunoregulatory activity of a polysaccharide isolated from *hibiscus sabdariffa* L. Journal of the Science of Food & Agriculture, vol.97: 1599-1606.
210. ZHENG YF., ZHANG Q., LIU XM., MA L., LAI F., 2016- Extraction of Polysaccharides and its Antitumor Activity on *Magnolia kwangsiensis* Figlar and Noot. Send to Carbohydr Polym, vol. 142:98-104.
211. ZHUA Z., LUOA Y., DONGA G., RENA Y., CHENB L., GUOA M, WANGA X., YANGA X and ZHANG Y., 2016- Effects of the ultra-high pressure on structure and -

glucosidase inhibition of polysaccharide from *Astragalus*. International Journal of Biological Macromolecules, vol. 87: 570–576.

212. حليس يوسف, 2005 - الموسوعة النباتية لمنطقة سوف . مطبعة الوليد. 34 ص.

Annexes

Annexe 1

Le tableau 1 représente les différents produits chimiques utilisés au cours de l'expérimentation, leurs caractéristiques physicochimiques et leurs origines.

Tableau 1. – Caractéristiques physicochimiques et origines des produits chimiques utilisés.

Produit	Fournisseur	Forme	Formule chimique	Masse molaire g/mol	Densité g/cm ³	Pureté %
Acétate d'éthyle	BIOCHEM	Liquide	C ₄ H ₈ O ₂	88,11	/	/
Acétone	GPR RECTAPUR	Liquide	C ₃ H ₆ O	58,08	0,792	100
Acétonitrile	SCHARLAU	Liquide	C ₂ H ₃ N	41,05	99,9	99
Acide acétique	EDEN-LABO	Liquide	CH ₃ COOH	60,05	1,048-1.051	99,5
Acide ortho-phosphorique	SIGMA-ALDRICH	Liquide	H ₃ PO ₄	98	1,69	85-88
Acide trifluoroacétique	SIGMA-ALDRICH	Liquide	CF ₃ COOH	114,02	1,49	99,8
Acide sulfurique	BIOCHEM CHEMOPH ARMA	Liquide	H ₂ SO ₄	98,07	/	98
Aniline	RECTAPUR	Liquide	C ₆ H ₅ NH ₂	93,13	1,02-1.03	98,5
Bleue de coomassie	BIOCHEM CHEMOPH ARMA	Poudre	C ₄₅ H ₄₄ N ₃ Na O ₇ S ₂	/	/	/
Butanol	SIGMA ALDRICH	Liquide	C ₄ H ₉ OH	74,12	81	99,9
Chloroforme	SCHARLAU	Liquide	CHCl ₃	119,38	1,47	99-99,6

DPPH	SIGMA-ALDRICH	Poudre	C ₁₈ H ₁₂ NO 6	394,0	/	/
éthanol	SIGMA-ALDRICH	Liquide	C ₂ H ₆ O	46,07	0,803-0,805	99,5
Glucose	VWR	Solide	C ₆ H ₁₂ O ₆	180,16	/	
Hydroxyde de sodium	EDEN LABO	Poudre	NaOH	39.997	2.13	99
Isopropanol	BIOCHEM CHEMOPH ARMA	Liquide	C ₄ H ₈ O	60,10	0,803 - 0,805	99,5
Méthanol	BIOCHEM CHEMOPH ARMA	Liquide	CH ₄ O	32.04	/	99
Phénol	FLUKA CHEMIK	Poudre	C ₆ H ₆ O	94,11	/	90,0
Pyridine	BIOCHEM CHEMOPH ARMA	Liquide	C ₅ H ₅ N	79.10	/	99.5
Résorcinol	BIOCHEM CHEMOPH ARMA	Poudre	C ₆ H ₆ O ₂	110,11	/	99,5

Annexe 2

Le tableau 2 montre l'origine et le type des appareils utilisés au cours de l'expérimentation.

Tableau 2.- Origine et type des appareils utilisés au cours de l'expérimentation

Appareil	Lieu de fabrication	Type	Fournisseur
Agitateur magnétique	EUROPE	F20520162	VELP CSIENTIFICA
Autoclave	/	WEBECKE. P : 2.5BAR, T : 138°C	WEBECO
Bain marie	GERMANY	MEMMERTGMBH. WB 7. NENNTEMP ; 100°C	MEMMERT
Balance	USA	DISCOVERY DV 215CD OHAUS.	OHAUS
Centrifugeuse	GERMANY	SIGMA. 15PK, 14000 RPM.	SIGMA
Distillateur	GERMANY	D30-BURGWEDL, 2108	LABORTECHNI C
Etuve	GERMANY	MELAG815.220V, 50HZ, 12.3A, 2700w.	MELAG
Hotte	SPAIN	TELSTAR AV-100. MODELE50/60 HZ, 0.6KW.	TEL STAR
Micropipette	SWIS	ACURA 821. 200-1000ML	SOCOREX
Rotavapor	GERMANY	LABOROTA 4002	HEYDOLPH INSTRUMENTS
Spectrophotomètre	CHINA	UV-MINI-1240.UV-VIS SPECTROPHOTOMETRE	SHIMADZU

Annexe 3

Les différentes solutions utilisées, les concentrations, la nature, le rôle et la méthode de préparation de chacune, sont illustrés dans le tableau 3.

Tableau 3. – Méthodes des préparations des différentes solutions utilisées.

Manipulation	Solution	Concentration	Méthode de préparation
Dosages des oses totaux	Phénol	5%	Dissoudre 0.5g de phénol dans 10ml d'eau distillée
Dosages des oses neutres	Résorcinol	0.6%	Dissoudre 0.6g de résorcinol dans 100 ml d'eau distillée.
Dosages des oses acides	Borax	0.0125M	Dissoudre 11,44 g de tétraborate de sodium dans 250 ml d'H ₂ SO ₄ 96%.
	Méthahydroxydiphényl	0,15%	Dissoudre 150 g de MHDP dans 100 ml de NaOH 0,5%.
Dosages des oses réducteurs	acide bicinchoninique	/	Solution A: 0,605 g de Na ₂ CO ₃ , 1,58 g de NaHCO ₃ et 48,55 mg de 4,4'-dicarboxy-2,2'-biquinoline sont dissous dans 25 ml d'eau distillée.
			Solution B: 31,55 mg de L-sérine et 31,2 mg de CuSO ₄ , 5H ₂ O sont dissous dans 25 ml d'eau distillée.
Dosages des polyphénols	FolinCiocalteu	/	La solution pure de FolinCiocalteu diluée 1/10 avec l'eau distillée.
	carbonates de sodium	20%	12 g de carbonates de sodium dans 60 ml de l'eau distillée.
Hydrolyse	TFA	2M	Compléter 7.51 ml de TFA 99% aux 50 ml avec l'eau distillée.
	Système I (HOTON-DORGE, 1976)	/	Mélanger l'acétate d'éthyle, le pyridine, l'eau, le n-butanol et l'acide acétique dans les proportions 5-4-4-10-2 (v/v) respectivement, jusqu'à l'homogénéisation complète.

Chromatographie sur couche mince (CCM)	Système II (CHENG <i>et al.</i> , 2010)	/	Mélanger le chloroforme, le n-butanol, le méthanol, l'acide acétique et l'eau dans les proportions 4,5-12,5-5-1,5-1,5 (v/v) respectivement, jusqu'à l'homogénéisation complète.
	Système III (HAN et ROBYT, 1998)	/	Mélanger l'acétonitrile, l'acétate d'éthyle, le propanol et l'eau avec les proportions 8,5-2-2-1,5(v/v) respectivement
	Nigrum (GHEBREGZA BEIER <i>et al.</i> , 1975)	/	Solution A, dissoudre 2 g de diphénylamine dans 50 ml d'acétone. Solution B, 48 ml d'acétone sont complétés jusqu'à 50 ml par l'aniline. Mélanger les deux solutions A et B, et ajouter 10 ml d'acide orthophosphorique.
Activité anti-oxydante	DPPH	0.1mM	Préparation fraîche : Dissoudre 3.9mg du DPPH dans 100 ml d'éthanol.

Annexe 4

Le tableau 4 présente les différentes solutions mères des dosages colorimétriques, les concentrations et la méthode de préparation de chacune. Les différentes gammes étalons sont illustrées dans les tableaux 6,7 et 8.

Tableau4. – Méthodes des préparations des différentes solutions mères.

Manipulation	Solution mère	Concentration	Méthode de préparation
	Extraits polysaccharidiques	0.01%	Dissoudre 10mg de l'extrait polysaccharidique dans 100ml d'eau distillée
Dosage des oses totaux et des neutres	Glucose	0.01%	Dissoudre 10mg du glucose dans 100ml d'eau distillée.
Dosage des oses acides	Acide glucuronique	0.01%	Dissoudre 10mg du glucose dans 100ml d'eau distillée.
Dosage des oses réducteurs	Galactose	0.02%	Dissoudre 10mg du galactose dans 100ml d'eau distillée.
Dosage des polyphénols totaux	Acide gallique	0.035%	Dissoudre 10mg d'acide gallique dans 10 mL d'éthanol.

Tableau5. -Gamme étalon du glucose 0.001% à 0.01%.

	Blanc	0,001%	0,002%	0.005%	0.008%	0.01%
Eau distillée (ml)	1	0.9	0.8	0.5	0.2	0
Glc 0,01% (ml)	0	0.1	0.2	0.5	0.8	1
Concentration (mg/l)	0	10	20	50	80	100

Tableau6.- Gamme étalon d'acide glucuronique 0.001% à 0.01%.

	Blanc	0,001%	0,002%	0.005%	0.008%	0.01%
Eau distillée (ml)	1	0.9	0.8	0.5	0.2	0
Glc A 0,01% (ml)	0	0.1	0.2	0.5	0.8	1
Concentration (mg/l)	0	10	20	50	80	100

Tableau7.- Gamme étalon de glucose 0.002% à 0.02%.

	Blanc	0,002%	0,005%	0.01%	0.015%	0.02%
Eau distillée (ml)	1	0.9	0.75	0.5	0.25	0
Glc 0,01% (ml)	0	0.1	0.25	0.5	0.75	1
Concentration (mg/l)	0	10	25	50	75	100

Tableau 8.- Gamme étalon de l'acide gallique 0.001% à 0.01%.

	Blanc	0,01%	0,02%	0.025%	0.030%	0.35%
Eau distillée (ml)	1	0.95	0.8	0.75	0.70	0.65
A.Gallique 0,01% (ml)	0	0.05	0.2	0.25	0.30	0.35
Concentration (mg/l)	0	100	200	250	300	350

Annexe 5

Le dosage des oses est réalisé par quatre méthodes. Les oses totaux sont dosés par la méthode de DUBOIS *et al.* (1956), les oses neutres par la méthode de MONSIGNY *et al.* (1988), tandis que la méthode de BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN (1973) et la méthode de WAFFENSCHMITD et JAENICKE(1987) sont effectuées pour le dosage des oses acides et des oses réducteurs, respectivement et le dosage des polyphénols totaux par la méthode de SINGLETON et ROSS. (1965). Les courbes d'étalonnages obtenues sont présentées dans les figures 9, 10, 11, 12 et 13. La courbe d'étalonnage de l'activité de piégeage des radicaux DPPH d'acide ascorbique est montrée dans la figure 14.

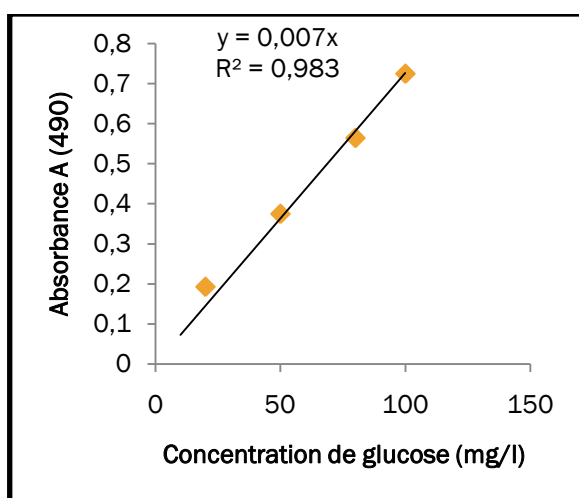


Figure 9.- Courbe d'étalonnage pour les oses totaux (DUBOIS, 1956)

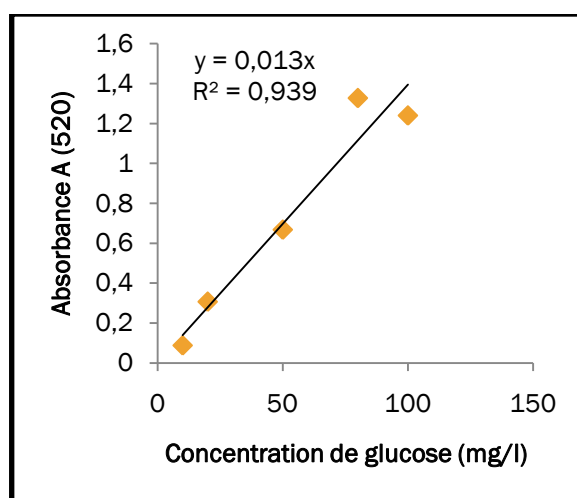


Figure 10.- Courbe d'étalonnage des oses neutres (MONSIGNY, 1988)

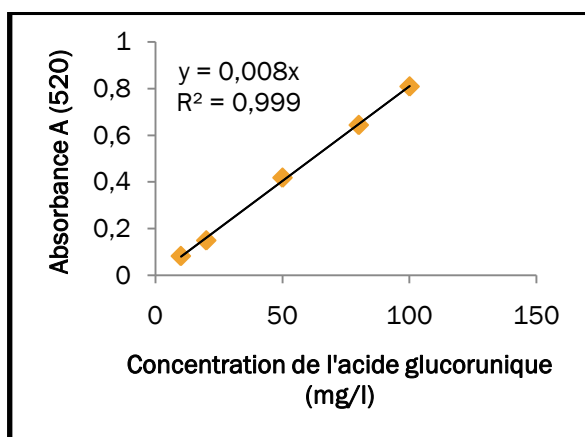


Figure 11.- Courbe d'étalonnage des oses acides (BLUMENKRANTZ et ASBOEHANSEN, 1973)

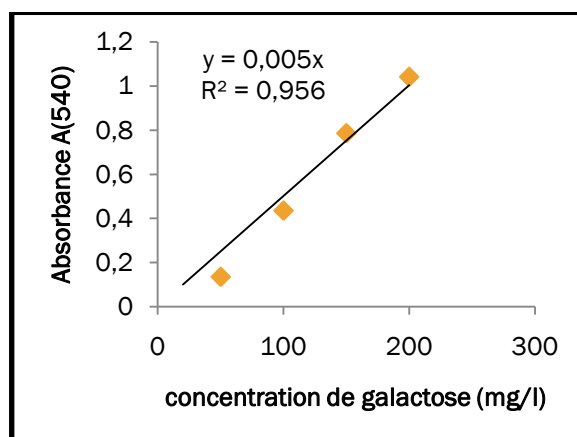


Figure 12.- Courbe d'étalonnage des oses réducteurs (WAFFENSCHMITD et JAENICKE, 1987)

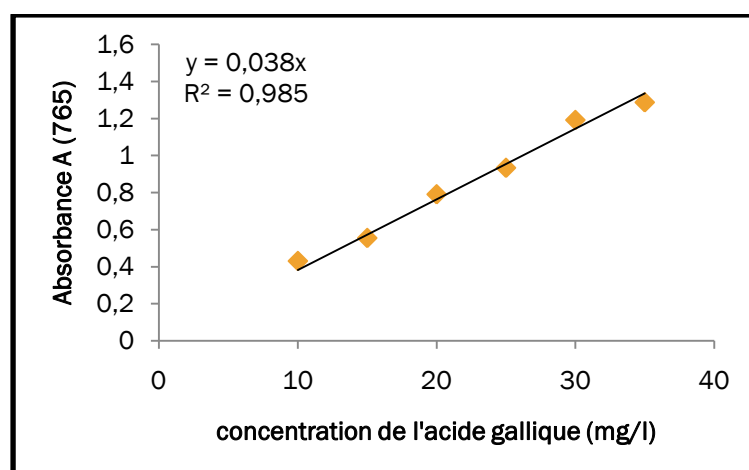


Figure 13.- Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux (SINGLETON et ROSS, 1965).

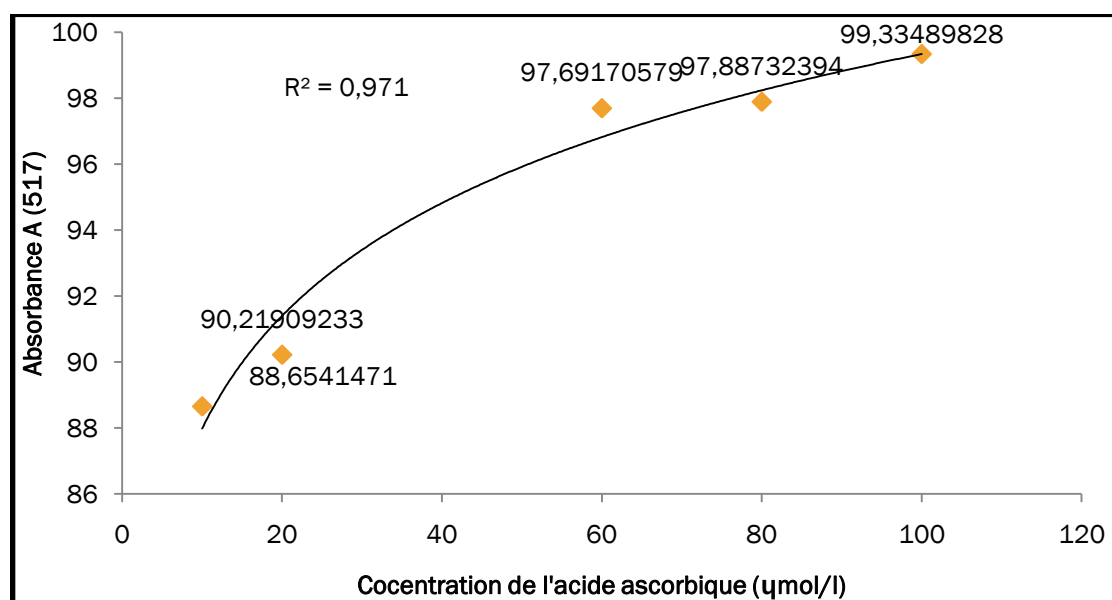


Figure 14.- Courbe d'étalonnage de l'activité de piégeage des radicaux DPPH d'acide ascorbique.

Annexe 6

Le tableau 9 présente les rapports frontaux (R_f) des oses étalons et les extraits polysaccharidiques dans les trois systèmes de CCM.

Tableau 9.- Les rapports frontaux (R_f) des oses étalons et l'extrait polysaccharidique dans les trois systèmes de CCM.

Gal A.: acide D-galacturonique, Glc A.: acide D-glucuronique, Ara: L-arabinose, Gal: D-galactosem, Glc: D-glucose, Man: D-mannose, Rha: L-rhamnose, Xyl: D-xylose, OAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Oudneya africana*, OAF: fraction polysaccharidique de fruits d'*Oudneya africana*, EAL: fraction polysaccharidique de feuilles d'*Ephedra alata*.

	Système I (HOTON-DORGE, 1976)	Système II (CHENG <i>et al.</i> , 2010)	Système III (HAN et ROBYT, 1998)
Gal A.	0.14	0.18	0.039
Glc A.	0.19	0.22	0.09
Ara	0.51	0.56	0.54
Gal	0.41	0.49	0.42
Glc	0.46	0.54	0.47
Man	0.51	0.56	0.51
Rha	0.69	0.70	0.72
Xyl	0.59	0.63	0.67
OAL	0.46	0.36	0.09
	0.51	0.54	0.25
			0.50
OAF	0.51	0.48	0.09
	0.60	0.54	0.25
		0.63	0.45
			0.50
EAL	0.51	0.54	0.53

Annexe 07

Les tableaux 10 et 11 indiquent la préparation des solutions, des réactifs et des dilutions de l'activité antidiabétique.

Tableau10.- Préparation des solutions et des réactifs de l'activité antidiabétique selon BISHT *et al.* (2013) et QIAN *et al.*(2015) modifiée.

Solution	Préparation
Extrait polysaccharidique (10mg/100µl)	10 mg de l'extrait polysaccharidique dans 100µl d'eau distillée.
Acarbose (100mM)	50 mg de l'acarbose est dissout dans 774 µl d'eau distillée.

Tableau 11.- Préparation de dilutions de la solution mère de l'extrait polysaccharidique.

	Blanc	10%	25%	50%	75%	100%
Eau distillée (ml)	20	19	15	10	05	0
Solution mère (µl)	0	01	05	10	15	20
Concentration (mg/l)	0	10	25	50	75	100

Résumé

Contribution à l'étude des polysaccharides de deux plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est Algérien (région d'El Oued)

Résumé

La présente étude s'oriente sur l'étude des polysaccharides issus de deux plantes spontanées à caractère médicinal récoltées au Sahara septentrional Est Algérien de la région d'El Oued. Il s'agit d'*Oudneya africana* (Brassicaceae) et d'*Ephedra alata* (Ephedraceae). Pour l'étude de la composition chimique des polysaccharides, ainsi que pour évaluer leurs activités anti-oxydante et antidiabétique, les extraits polysaccharidiques sont obtenus par macération à chaud dans de l'eau distillée. Les rendements massiques des extractions des polysaccharides hydrosolubles des feuilles (OAL) et des fruits (OAF) d'*Oudneya africana* et des feuilles d'*Ephedra alata* (EAL), sont de 14,5%, 6,05% et 8,3% respectivement. L'étude de la composition biochimique des extraits polysaccharidiques montre que les oses neutres sont les constituants majeurs de toutes les fractions. Il est noté des teneurs en oses réducteurs et en polyphénols totaux nulles dans toutes les fractions étudiées. Après une hydrolyse par l'acide trifluoroacétique, la chromatographie sur couche mince (CCM) indique l'arabinose et le glucose comme oses constitutifs communs pour les trois fractions. L'étude de l'activité antioxydante des polysaccharides a révélée des pourcentages d'inhibition des radicaux DPPH de 86,21% (OAL), 85,55% (OAF) et 77,49% (EAL). L'activité antidiabétique des extraits polysaccharidiques, porte sur la détermination de leur pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase. L'étude a montré que la fraction OAL présente le pouvoir inhibiteur de l' α -D-glucosidase remarquable, soit 77,67%, pour une concentration de 100 mg/ml.

Mots clés: Polysaccharides, *Oudneya africana*, *Ephedra alata*, antioxydant, antidiabétique

Contribution to the study of the polysaccharides of the two spontaneous plants harvested in the northern Algerian Sahara (region of El Oued)

Abstract

The present study focuses on the study of polysaccharides from two spontaneous medicinal plants harvested in the northern Algerian Sahara of the El Oued region, including *Oudneya africana* (Brassicaceae) and *Ephedra alata* (Ephedraceae). The aim of this work is to study the chemical composition of polysaccharides, thus to evaluate their antioxidant and antidiabetic activities. The polysaccharide extracts are obtained by hot maceration in distilled water. The mass yields extraction water soluble polysaccharide of *Oudneya africana* (OAL) and fruit (OAF) extracts and *Ephedra alata* leaves (EAL) were 14.5%, 6.05% and 8.3%, respectively. The study of the biochemical composition of polysaccharide extracts shows that neutral oses are the major constituents of all fractions. Reducing ose and total polyphenol contents are noted in all fractions studied. After hydrolysis with trifluoroacetic acid, The analysis by thin layer chromatography (TLC) indicated arabinose and glucose as the common constituent compounds for all three fractions. The study of the antioxidant activity of the polysaccharides revealed percentages of inhibition of the DPPH radicals of 86.21% (OAL), 85.55% (OAF) and 77.49% (EAL). The antidiabetic activity of the polysaccharide extracts relates to the determination of their inhibitory power of the α -D-glucosidase enzyme. The study showed that the OAL fraction has the most remarkable inhibitory α -D-glucosidase power of 77.67% for concentration of 100 mg / ml.

Key words: Polysaccharides, *Oudneya africana*, *Ephedra alata*, antioxidant, antidiabetic.

المساهمة في دراسة متعدد السكريات للنباتين العفويين المحصودتين من شمال الصحراء الجزائرية (منطقة الوادي)

الملخص

تركز هذه الدراسة على دراسة متعدد السكريات المستخلصة من نباتين من النباتات العفوية ذات خاصية الطبية التي تحصد في منطقة شرق الصحراء الجزائرية الشمالية من الوادي وأسماءهم كالتالي *Oudneya africana* (Brassicaceae) و *Ephedra alata* (Ephedraceae). الهدف من هذا العمل هو دراسة التركيب البيوكيميائي لسكريات متعددة ، وبالتالي تقييم أنشطتها المضادة للأكسدة ومضادات السكري. يتم الحصول على مستخلصات متعدد السكريات عن طريق تنقيعها في ماء مقطر ساخن. المردود كتلي السكريات المستخلصة من اوراق (OAL) والفواكه (OFA) من *Oudneya africana* و أوراق *Ephedra alata* (EAL) هي 14.5%، 6.05% و 8.3% على التوالي. تُظهر دراسة التركيب البيوكيميائي لمستخلصات متعدد السكريات أن السكريات المعتدلة هي مكون الرئيسي لكل من نباتين. وملاحظ إن تركيز سكريات المرجعة ومتعدد فينول منعدمة. كما اظهر تحليل النوعي باستعمال كروماتوغرافيا عن طريق الاماهة الحمضية بواسطة حمض trifluoroacetic إلى أن الأرابينوز والجلوكوز كمكونين مشتركين مستخلصات الثلاثة . كشفت دراسة النشاط المضاد للأكسدة من السكريات باستعمال اختبار DPPH بأن نسب تثبيط (OAL) 86.21%، (OAF) 85.55% و (EAL) 77.49%. يرتبط النشاط المضاد السكري لمستخلصات السكريات المتعددة بتقدير قوتها المثبطة لأنزيم α -D-glucosidase. كما أوضحت الدراسة أن متعدد السكريات المستخلصة من OAL لديه القدرة المثبتة لـ الأعلى قيمة α -D-glucosidase ، وهي 77.67% ، بتركيز 100 مغ / مل.

الكلمات المفتاحية: السكريات المتعددة ، *Oudneya africana* ، *Ephedra alata* ، مضادات الأكسدة ، المضاد السكري.