



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

N série:.....

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمزة لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية
Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences

biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

THEME

Contribution à l'étude des polysaccharides hydrosolubles de
Plantago albicans L. issue de la région d'El Oued

Présentés Par:

M^{lle} : KIR Cheima

M^{lle} : REGUIOUA Asma

Devant le jury composé de:

Président:	Mr. DEROUCHE Samir	M.C.A,	Université d'El Oued
Examinatrice:	M^{me}. YOUMBAI Asma	M.A.B,	Université d'El Oued
Promotrice:	M^{me} MEHELLOU Zineb	M.A.B,	Université d'El Oued

- Année universitaire 2019/2020-

Remerciement

AVANT tout, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous AVOIR donné LA force, le COURAGE, LA persistance et nous A permis D'ACCOMPLIR ce modeste TRAVAIL. Merci de nous AVOIR éclairé le chemin de LA réussite.

Nous Adressons nos profondes GRATITUDES et nos sincères RECONNAISSANCES AU Monsieur SAMIR DEROUICHE le président de jury, chef de département et MAÎtre de conférence classe A, et A MADAME YOUMBAI Asma l'EXAMINATRICE de jury, MAÎtre ASSISTANTE classe A, A FACULTÉ des sciences de LA NATURE et de LA vie A l'université ECHAHID HAMMA LAKHDAR d'El Oued, de nous AVOIR FAIT l'honneur D'EXAMINER et de juger notre TRAVAIL.

Nous tenons A remercier chaleureusement notre promotrice, MADAME MEHELLOU Zineb MAÎtre ASSISTANTE classe A A LA FACULTÉ des sciences de LA NATURE et de LA vie - Université d'El Oued, pour son AIDE, ses conseils, son ORIENTATION et SA GRANDE gentillesse. Merci pour AVOIR ACCEPTÉ D'ENCADRER ce mémoire et pour votre présence et votre disponibilité PERMANENTE

On ADRESSE nos sincères remerciements A tout l'ensemble des membres du LABORATOIRE de DEPARTEMENT de LA science de LA NATURE et de LA vie de l'université ECHAHID HAMMA LAKHDAR, El Oued principalement M^{lle} GOUBI SANA.

Nous tenons A remercier BEAUCOUP Mr ABID Ahmed pour ses Aides précieux

Nous tenons A remercier profondément nos chères collègues Houda, SAADIA, MAROUA, Aicha, ISLAM, IMANE, YOUSRA, WIDAD et SARA pour leurs disponibilité, leurs gentillesse et leurs Aide précieuse qu'elles ont APPORTÉ A CE TRAVAIL, PAR leurs aides DANS le jour de sacrifice qui nous ont aidé A FINALISER notre pratique.

Enfin, nous remercions GRACIEUSEMENT toute personne qui A CONTRIBUÉE de près ou de loin A LA REALISATION de ce TRAVAIL.

Dédicace

A nos pères,

Nos plus hauts exemples et nos modèles de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras, pour ses conseils précieux,

A nos mères,

Pour leurs affections, leurs sacrifices, leurs patiences, leurs compréhensions, leurs disponibilités, leurs écoutes permanentes et leurs soutiens.

A nos chers frères

Soufiane Eddine, Nacer Eddine, Abd-Elhay, Larbi, Abd-Eljalile, Mohammed et Bilal

A nos chères belles-sœurs

Ouahiba, Hala et Zineb

A nos Chères amies

Hala et Fatma

A nos grandes familles, nos amis et collègues et tous ceux et toutes celles que nous avons involontairement omis de citer et qui n'en demeurent pas moins chers

Asma et Cheima

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Structure chimique du cellulose	6
02	Structure chimique du pectin	8
03	Structure chimique d'amylose	9
04	Structure chimique del'amylopectine	9
05	Structure chimique du galactomannane	10
06	Schéma général des différentes étapes d'extraction des polysaccharides hydrosolubles	22
07	Structure chimique du radical libre DPPH	26
08	Schéma général du protocole de l'activité <i>in vivo</i>	31
09	Extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des épis de <i>Plantago albicans</i> L.	35
10	Composition biochimique de PEPA	36
11	Pourcentage d'inhibition de l'activité de piégeage des radicaux DPPH par l'acide ascorbique	36
12	Pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH par PEPA	38
13	Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante FRAP de l'acide ascorbique	38
14	Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante FRAP de PEPA	39
15	Pourcentages d'inhibition de la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de PEPA	39
16	Variations du nombre des globules blancs ($10^3\mu\text{L}$) chez les rats mâles	41
17	Variations du nombre des globules blancs ($10^3\mu\text{L}$) chez les rattes femelles	41
18	Variations du nombre des lymphocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rats mâles	42
19	Variations du nombre des lymphocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rattes femelles	42
20	Variations du nombre des granulocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rats mâles	42
21	Variations du nombre des granulocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rattes femelles	43

22	Variations du nombre des monocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rats mâles	43
23	Variations du nombre des monocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rattes femelles	43
24	Variations du nombre des globules rouges ($10^6\mu\text{L}$) chez les rats mâles	44
25	Variations du nombre des globules rouges ($10^6\mu\text{L}$) chez les rattes femelles	44
26	Variations du nombre des globules rouges ($10^6\mu\text{L}$) chez les rats mâles	44
27	Variations du nombre des globules rouges ($10^6\mu\text{L}$) chez les rattes femelles	45

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Caractéristiques de l'extrait polysaccharidique des épis de <i>Plantago albicans</i> L.	33
02	Les valeurs d'IC ₅₀ d'inhibition des radicaux DPPH	37
03	Les valeurs d'IC ₅₀ d'inhibition de la dénaturation des protéines	40

Liste de photos

N°	Titre	Page
01	<i>Plantago albicans</i> L. à Hassi Khelifa, Wilaya d'El Oued (Algérie)	19
02	Extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des épis de <i>Plantago albicans</i> L.	33

Liste des abréviations

µl	Microlitre
C-	Controle negative
C+	Controle positif
DPPH	1,1' Diphenyl-2-Picryl Hydrazyl
FeCl ₃	Chlorure ferrique
FNS	Formule de la numération sanguine
FRAP	Puissance de l'activité de la réduction ferrique
G	Gramme
GA	Gomme Arabique
GB	Globules blancs
GR	Globules rouges
GRAN	Granulocytes
IC ₅₀	Concentration Inhibitrice de 50 %
LYMPH	Lymphocytes
M	Moyenne
mg/ml	Milligramme/Millilitre
MID	Monocytes
Min	Minute
ml	Millilitre
Mm	Millimètre
mole/l	Mole par litre
NaCO ₃	carbonate de sodium
OMS	Organisation Mondiale de la santé
PEPA	Polysaccharides des épis de <i>plantago albicans</i>
PLT	Plaquettes
SAB	Sérum Albumine Bovine
SEM	Ecart-Types de moyenne
T°	Température
TCA	Acide trichloroacétique
tr/min	Tour/Minute
Glc	Glucose
Vit C	Vitamine C

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste photos	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre I.- Synthèse bibliographique	
Aperçu sur les polysaccharides et leurs activités biologiques	
I.1.- Généralités sur les polysaccharides	5
I.2.1.- Polysaccharides de structure	6
I.2.1.1.- Cellulose	6
I.2.1.2.- Hémicellulose	6
I.2.1.3.- Pectines	7
I.2.2.- Polysaccharides de réserves	8
I.2.2.1.- Amidon	8
I.2.2.2.- Galactomannanes	9
I.2.3.- Gommages	10
I.2.4.- Mucilages	11
I.2.- Activités biologiques des polysaccharides	12
I.3.1.- Activité antioxydante	12
I.3.2.- Activité antidiabétique	13
I.3.3.- Activité anti-inflammatoire	14
I.2.4.- Activité immunomodulatrice	14
Chapitre II.- Matériel et méthodes	
II.1.-Principe d'étude	17
II.2.- Matériel d'étude	17
II.2.1.-Matériel biologique	18
I.2.1.1. - Matériel végétale	18
II.2.1.1.1.- Choix des espèces végétales	18
II.2.1.1.2.- Description botanique de l'espèce <i>Plantago albicans</i>	18

II.2.1.1.3.- Répartition géographique	19
II.2.1.1.4.- Position systématique	19
II.2.1.1.5. - Récolte et parties étudiées	20
II.2.1.2.- Matériel animal	20
II.3.- Méthodes d'étude	20
II.3.1.- Technique de séchage et de broyage	20
II.3.2.- Extraction hydrosolubles des polysaccharides	20
II.3.3.- Composition des extraits bruts de polysaccharides	23
II.3.3.1.- Dosage des protéines	23
II.3.3.1.1.- Méthode de LOWRY (1951)	23
II.3.3.1.2.- Méthode de BRADFORD	23
II.3.3.2.- Dosage des oses	24
II.3.3.2.1.- Dosage des oses totaux	24
II.3.3.2.2.- Dosage des oses neutre	25
II.3.3.3 - Dosage de polyphénols	25
II.3.4.- Activités biologiques des polysaccharides	26
II.3.4.1.- Activité anti-oxydante <i>in vitro</i>	26
II.3.4.1.1.- Réduction du radical 1,1'-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH)	26
II.3.4.1.2.- Puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP)	27
II.3.4.2.- Activité anti-inflammatoire	28
II.3.4.3.- Activité immunomodulatrice	29
II.3.4.3.1.- Traitement	29
II.3.4.3.2.- Sacrifice et prélèvement de sang	30
II.3.4.3.3.- Analyse des paramètres hématologique	30
III.- Analyses statistique des résultats	30
Chapitre III.- Résultats et discussion	
III.1.- Rendement d'extraction des polysaccharides	33
III.1.-Composition de l'extrait brut des polysaccharides isolés	34
III.3.- Activités biologiques de l'extrait polysaccharidique	35
III.3.1.- Activité anti oxydante <i>in vitro</i>	35
III.3.1.1.- Réduction du radical 1,1'-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH)	35
III.3.1.2.- Puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP)	37
III.3.2.- Activité anti-inflammatoire <i>in vitro</i>	39

III.3.3.- Activité immunomodulatrice <i>in vivo</i>	41
Conclusion et perspectives	47
Références bibliographiques	50
Annexes	
Résumés	

INTRODUCTION

Depuis plus d'un siècle à travers le monde, les êtres humains ont utilisé les plantes médicinales qui jouent un rôle essentiel dans les soins de santé de base dans de nombreux pays en développement. Il est estimé que près de la moitié des médicaments pharmaceutiques actuels sont dérivés de plantes. Elles sont étudiées dans des nombreux pays en raison de leurs effets thérapeutiques et moins toxiques par rapport aux molécules de drogues synthétiques (BORAH et BANIK, 2020; VAN WYK et PRINSLOO, 2018; ADOM *et al.*, 2017).

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), plus de 80% des populations de certains pays d'Afrique utiliseraient des plantes médicinales pour leurs soins de santé primaires (ALABI *et al.*, 2020). Ces ressources comptent environ 500.000 espèces de plantes sur Terre, dont 80.000 possèdent des propriétés médicinales (BOUALLALA *et al.*, 2014).

Le genre *Plantago* comprend d'environ 250 espèces des plantes herbacées largement distribué dans les régions tempérées. Ces plantes possèdent de nombreuses propriétés médicinales car elles contiennent de nombreux composés bioactifs comme composés phénoliques et polysaccharidiques. Plusieurs espèces du genre *Plantago* sont utilisées comme médicament traditionnel, à partir des feuilles et des graines, pour la cicatrisation des plaies, les inflammations, les troubles respiratoires et les affections du système digestif (KWON *et al.*, 2019; LUKOVA *et al.*, 2018; LUKOVA *et al.*, 2017; ADOM *et al.*, 2017; GONÇALVES et ROMANO, 2016).

Par ailleurs, les polysaccharides sont des biopolymères organiques naturelle largement présente chez les animaux, les plantes et les micro-organismes. Récemment, les polysaccharides ont attiré une attention considérable en raison de leur utilisation répandue dans des domaines industriels tels que les produits alimentaires et pharmaceutiques (SONG *et al.*, 2019; MIRZADEH *et al.*, 2019). Ils représentent les candidats les plus attractifs pour les applications biomédicales à cause de leurs propriétés physicochimiques exceptionnelles, de leur biocompatibilité, de leur biodégradabilité et de leur non-toxicité (SALAMA *et al.*, 2020).

Les polysaccharides végétaux sont devenus une classe importante de produits naturels bioactifs et largement utilisés dans les produits pharmaceutiques et les biomatériaux. Ils possèdent diverses activités biologiques, telles que les effets immunostimulateurs, antioxydants, anti-inflammatoires, antiviraux, antitumoraux, radioprotecteurs, hépatoprotecteurs et antifatigue (LUKOVA *et al.*, 2017).

La présente étude va s'intéresser principalement aux polysaccharides issus des épis de *Plantago albicans* L. appartenant à la famille Plantaginaceae. Pour l'objectif de la caractérisation partielle et l'évaluation des activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles de cette espèce, il est réalisé des études expérimentales par des essais *in vitro* et *in vivo*.

Le travail est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre porte sur un aperçu sur les polysaccharides végétaux et des études antérieures sur leurs activités biologiques. Le second chapitre porte essentiellement sur l'ensemble du matériel et des méthodes dont les techniques expérimentales d'extraction des polysaccharides hydrosolubles à partir des épis de *Plantago Albicans* L., la détermination de leur composition biochimiques, et les tests réalisés pour l'évaluation des activités antioxydantes, anti-inflammatoire (*in vitro*) et immunodulatrice (*in vivo*). Le troisième chapitre présente les principaux résultats obtenus suivis d'une discussion. Enfin, une conclusion générale accompagnée par des perspectives soutenues achèvent ce travail.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

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

I.1.- Généralités sur les polysaccharides

Les polysaccharides sont les composés organiques les plus abondants dans la nature (BENAOUN, 2017; FITTOLANI *et al.*, 2019). Ils sont synthétisés chez les plantes, les animaux et les microorganismes (XU *et al.*, 2019a).

Les polysaccharides sont des biopolymères macromoléculaires naturels (BARCLAY *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2019) formés par une condensation du groupe hydroxyle hémiacétal d'un sucre et d'un groupe hydroxyle d'une autre unité de sucre liées par des liaisons glycosides (O-glycosidique) (KONTOGIORGOS, 2019) pour former des longues chaînes d'unités monosaccharidiques (YUAN *et al.*, 2019). Ils ont une formule générale de $C_x (H_2O)_y$, où x est généralement un grand nombre compris entre 200 et 2500 (ZHENG *et al.*, 2018).

Les polysaccharides peuvent être classés selon la base de leur structure en homopolysaccharides, c'est-à-dire qu'ils consistent un seul type d'unité de sucre dont les glucanes, les fructanes, les mannanes, etc., et en hétéropolysaccharides, c'est-à-dire ceux composés d'au moins deux types d'unités de sucre comme les arabinoxylanes et les glucomannanes (BALA *et al.*, 2019).

Pareillement, les polysaccharides naturels peuvent être simplement classés en quatre catégories qui sont obtenus à partir de différentes origines comme d'origine animale (chitosane), d'origine végétale (pectine), d'origine algale (alginate) et d'origine microbienne (dextrane) (DEY *et al.*, 2019).

Les polysaccharides jouent des rôles dans les organismes vivants. Ils ont un rôle structurel de la cellule végétale et sont utilisés comme réserve et stockage de nourriture sous forme d'amidon dans les plantes et de glycogène chez les mammifères (MAJI, 2019).

Si on s'intéresse aux polysaccharides végétaux, il est nécessaire de prendre conscience que leur variabilité structurale est en partie liée à leurs fonctions biologiques. Ils peuvent être catégorisés en polysaccharides de structure, en polysaccharides de réserve (PETERA, 2017; WASUPALLI, 2018).

I.1.1.- Polysaccharides de structure

Les polysaccharides de structure constituent la paroi des cellules végétales, parmi lesquelles la cellulose les hémicelluloses et les pectines.

I.1.1.1.- Cellulose

La cellulose est le polysaccharide le plus abondant dans le monde (DINORO *et al.*, 2019). C'est un polymère naturel, renouvelable, biodégradable et biocompatible (SALAMA, 2019). Elle est produite par de nombreuses plantes ainsi que par certaines bactéries, champignons, et même certains animaux marins par exemple les tuniciers (TCHOBANIAN *et al.*, 2018).

La cellulose est un polymère organique associé à la lignine et à l'hémicellulose, qui forment une couche protectrice ou un bouclier de la cellulose (MWENE-MBEJA *et al.*, 2019). C'est un homo-polysaccharide (ZAMAN *et al.*, 2019) linéaire composé d'unités anhydroglucose (β -D-glucopyranose) (ABU-DANSO *et al.*, 2019) liées les unes aux autres par des liaisons β 1-4 glucosidiques, chaque deux unités de D-glucopyranose liées entre eux forme une molécule appelée cellobiose dont l'unité de base du cellulose (Fig. 01) (YAHIA *et al.*, 2019; CHOUANA, 2017). Les molécules de cellulose se regroupent pour former des longues chaînes qui s'agrègent en micro-fibrilles partiellement cristallines de quelques nanomètres de diamètre (IMRE *et al.*, 2018). Ces micro-fibrilles se disposent en groupes parallèles appelés fibres (YAHIA *et al.*, 2019).

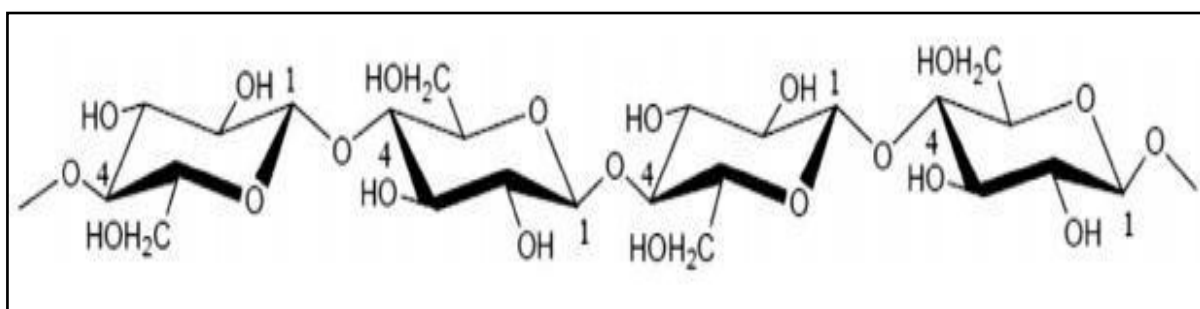


Figure 01.- Structure chimique de la cellulose (BAJPAI, 2017)

I.1.1.2.- Hémicelluloses

Les hémicelluloses sont les deuxièmes polysaccharides le plus abondant juste derrière la cellulose (LIU *et al.*, 2019; AHMAD et ZAKARIA, 2019). Ces polymères sont synthétisés dans

l'appareil de Golgi et sécrétées dans la paroi cellulaire lors du dépôt sur la paroi secondaire (TERRET et DUPREE, 2019). Ils sont bio-synthétisés en grande quantité par les arbres et d'autres plantes terrestres (MIKKONEN *et al.*, 2019).

Les hémicelluloses sont des hétéropolymères de faible poids moléculaire, sa structure chimique est des chaînes hautement ramifiées contenant de courtes chaînes polysaccharidiques (LEI *et al.*, 2019; CLARO *et al.*, 2019), qui sont des résidus des oses tels que les hexoses comme le D-galactose, L-galactose, D-mannose, L-rhamnose, L-fucose et les pentoses comme le D-xylose, L-arabinose et les acides uroniques comme le D-acide glucuronique liés par différentes liaisons structurelles, à savoir, α ou β (1-2, 1-3, 1-4, 1-6) (LACA *et al.*, 2019; MUSA et BWATANGLANG, 2020).

Le xylane est l'hémicellulose la plus abondante dans la nature et consiste en résidus de xylopyranosyle liés par des liaisons 1-4 glycosidiques. D'autres unités chimiques telles que l'arabinose ou l'acide glucuronique (GlcA) ou l'acide méthylglucuronique (MeGlcA) pourraient également être liées au squelette du xylane pour donner des sous-catégories de xylane, à savoir arabinoxylane, glucuronoxylane et arabinoglucuronoxylane (BANERJEE *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019a).

I.1.1.3.- Pectines

Les pectines sont des polysaccharides complexe, naturel, hydrosolubles et non toxique, que l'on trouve en abondance dans les parois des cellules végétales dans la couche lamellaire moyenne que l'on obtient à partir de sources naturelles telles que les zestes d'agrumes et le marc de pomme (WANG *et al.*, 2019b; ZHANG *et al.*, 2019; BAJPAI, 2020).

Ces sont des polymères composées de motifs d'acide D-galacturonique liés les uns aux autres avec des liaisons α 1-4 glycosidiques, dont certains motifs sont partiellement estérifiés avec du méthanol au niveau du groupe carboxyle en C-6 et peut être estérifié avec des groupes acétyle en C-2 ou C-3 (ALMASI *et al.*, 2019).

Les pectines se composent de régions linéaires et de régions ramifiées, dont l'homogalacturonane (HG), le rhamnogalacturonane I (RG I), le rhamnogalacturonane II (RG II) et le xylogalacturonane (XG) (Fig.02) (KOH *et al.*, 2019; LOPEZ-SANCHEZ *et al.*, 2019).

L'homogalacturonane (HG) est un squelette linéaire consiste en résidus d' α 1-4 acide galacturonique (GalA) pouvant être estérifiés avec des groupes méthyles, carboxyles ou acétyles,

déterminant le caractère anionique de la pectine. Le rhamnogalacturonane I et II (RGI et RGII) et le xylogalacturonane (XG) sont des structures ramifiées avec différentes chaînes latérales de sucre neutre et sont connectées à l'homogalacturonane (HG) (KOH *et al.*, 2019).

Les pectines sont largement utilisés comme ingrédient alimentaire en raison de leurs stabilité à pH bas et leurs propriétés biologiques, et aussi utilisés pour la fabrication des sous-produits industriels à partir de pépins de pomme et de betterave à sucre (SABATER *et al.*, 2019; BEMILLER, 2019a).

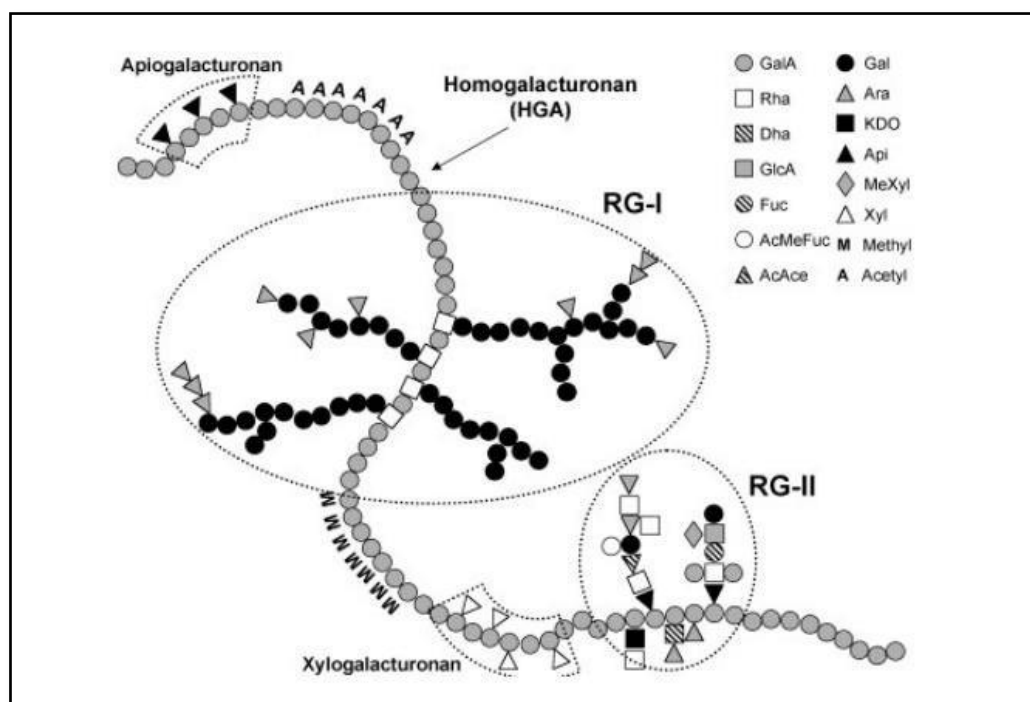


Figure 02.- Structure chimique des pectines (PETERA, 2017)

I.1.2.- Polysaccharides de réserve

En concernant les polysaccharides de réserve, il est décrit l'amidon, les galactomannanes, les gomme et les mucilages comme des exemples.

I.1.2.1.- Amidon

L'amidon est un polymère polysaccharidique naturel, biodégradable, peu coûteuse et abondamment disponible. L'amidon est produit par les plantes vertes pour le stockage d'énergie sur une longue période (TABASUM *et al.*, 2018).

C'est un molécule de poids moléculaire élevé et qui présente une viscosité considérable en solution aqueuse à une concentration relativement basse (LI *et al.*, 2019). Les granules d'amidon natif sont insolubles dans l'eau froide mais peuvent gonfler de manière réversible (LIM et PULLICIN, 2019), il est également insoluble dans l'alcool, l'éther et d'autres solvants (PEDROSA SILVA CLERICI *et al.*, 2019).

Les polymères d'amidon peuvent être subdivisés en deux formes principales dont l'amylose et l'amylopectine (THAKUR *et al.*, 2019). L'amylose consiste en unités de glucose avec des liaisons α 1-4 glycosidiques (Fig. 03), tandis que l'amylopectine est constituée de chaînes principales liées par des liaisons α -1,4 glycosidiques et de chaînes latérales liées par des liaisons α -1,6 glycosidiques (Fig. 04) (LU *et al.*, 2019a).

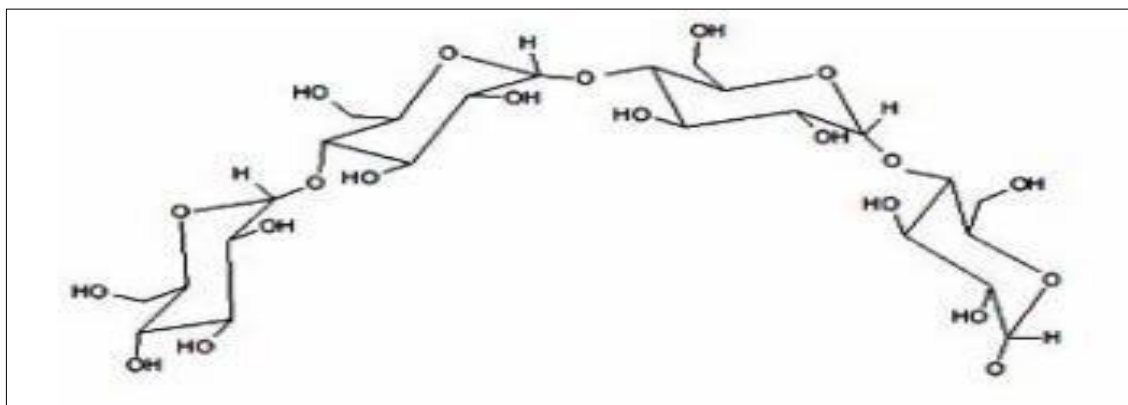


Figure 03.-Structure chimique de l'amylose (OUSSADI, 2018)

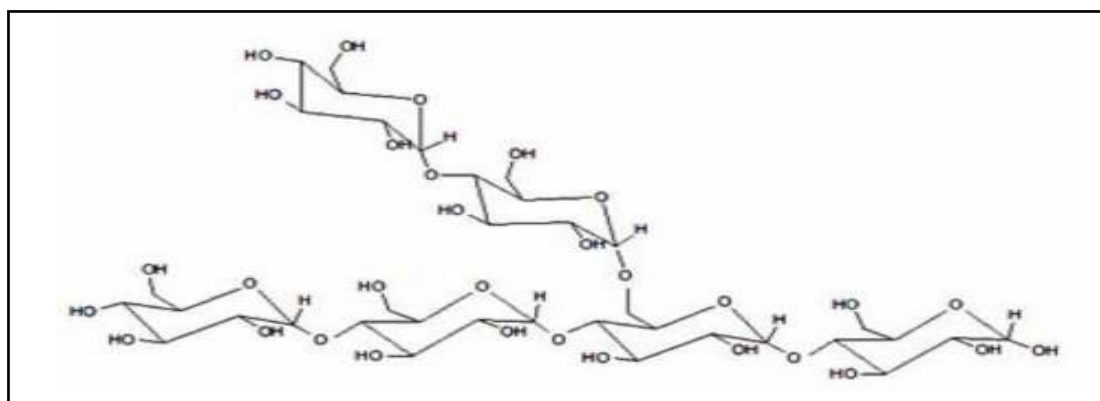


Figure 04.- Structure chimique de l'amylopectine (OUSSADI, 2018)

I.1.2.2.- Galactomannanes

Les galactomannanes (GM) sont des hétéropolysaccharides hydrosolubles (RASHID *et al.*, 2017). Ils ont une structure généralement linéaire se compose d'une ligature de résidus D-

mannopyranose de liaisons β -1,4 glycosidiques, et certains des groupes hydroxyle de résidus de mannose sont liés par une seule ligature de D-galactopyranose de α 1- 6 liaisons glycosidiques (Fig. 05) (ZACHARIAS et SHEPPARD, 2019 ; SUN *et al.*, 2018).

Certains galactomannanes principalement dérivés des graines de Fabaceae (Leguminosae), sont extraits de l'endosperme de graines où ils remplissent des fonctions physiologiques en tant que réserve d'énergie pour la germination et le stockage de l'eau par solvataion (RODRIGUEZ-CANTO *et al.*, 2018).

En raison de leurs avantages de capacité de renouvellement et de biocompatibilité, les galactomannanes ont été largement utilisés dans les industries alimentaires et non alimentaires (DI *et al.*, 2018).

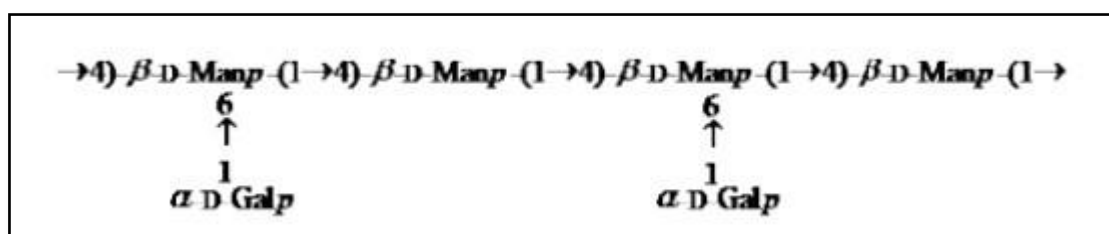


Figure 05.- Structure chimique d'un galactomannane (PETERA, 2017)

I.1.3.-Gommes

Le terme «gomme» est fréquemment utilisé pour définir un groupe d'exsudat naturels qui ont la capacité de s'hydrater dans l'eau en formant un gel ou en stabilisant des systèmes d'émulsion (TAHIR *et al.*, 2019). Parfois, ces gommes polysaccharidiques sont également appelées hydrocolloïdes (AHMAD *et al.*, 2019).

Les gommes sont une large gamme de biopolymères hydrophiles comprenant des polysaccharides et des protéines (SEYFI *et al.*, 2018). Ils sont principalement durables, biocompatibles et biodégradables (SINGH et SINGH, 2019). Ils possèdent différentes structures chimiques linéaire, ramifié, très ramifié, homogène, hétérogène, neutre et ionique, avec diverses propriétés physico-chimiques, biologiques, rhéologiques et fonctionnelles (SEYF *et al.*, 2019). Les gommes sont composés d'hétéro-polysaccharides à structure complexe varient considérablement dans leur structure chimique (SHI *et al.*, 2019). Les unités monosaccharidiques reliées par différents types de liaisons procurent une grande diversité aux gencives de différentes sources (HAMDANI *et al.*, 2019).

La gomme arabique est un exsudat séché obtenu à partir des tiges et du tronc d'un arbre (*Acacia*) (SHARKAWY *et al.*, 2019) comme *Acacia senegal* et *Acacia seyal* qui poussent dans la ceinture sahélienne de l'Afrique (VUILLEMIN *et al.*, 2019). C'est un polysaccharide ionique de poids moléculaire élevé, non toxique, chargé négativement à cause de la présence d'une fraction protéique liée de manière covalente aux polysaccharides (ZHANG *et al.*, 2019a; BUSU *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2019b).

La gomme arabique est un polymère biocompatible et biodégradable qui se dissout facilement dans l'eau jusqu'à 50% (RAJABI *et al.*, 2019). C'est un hétéropolysaccharide hautement ramifié (ROUSI *et al.*, 2019). Il est essentiellement composé de polysaccharides et de sels. Il contient trois fractions différentes dont 85 à 90% en poids d'arabinogalactane, 10% en poids de complexe protéine-arabinogalactane et 2% en poids d'une ou de deux glycoprotéines (VUILLEMIN *et al.*, 2019). Structurellement, il consiste en une chaîne principale constituée des unités de β 1-3 D-galactopyranosyle, composée de résidus de L-arabinofuranose, L-ramnopyranose, acide glucuronique et de 4-O-méthyl- β D- acide glucuronique (ROUSI *et al.*, 2019).

La gomme arabique est l'un des ingrédients populaires (HU *et al.*, 2019) largement utilisés dans les industries alimentaire comme épaississant, stabilisant ou émulsifiant (ROUSI *et al.*, 2019), et dans la production de produits pharmaceutiques, d'émulsions aromatisantes liquides, de produits cosmétiques, de produits de confiserie, de boissons et d'hydrogels (DE SOUZA *et al.*, 2019).

I.1.4.- Mucilages

Le mucilage est considéré comme un groupe d'hydrocolloïdes interagissant fortement avec l'eau pour former de gros agrégats moléculaires, composés principalement de polysaccharides et de peu de protéines (GEORGE et SUCHITHRA, 2019; CHIANG et LAI, 2018).

Un mucilage pourrait jouer un rôle dans le développement de la tolérance au froid, du transport de l'eau, de la cicatrisation des plaies, de l'équilibre ionique des cellules et d'une réserve de glucides pour les plantes (MUJTABA *et al.*, 2019). Il joue un rôle important dans les systèmes alimentaires à diverses fins, telles que l'épaississement, la gélification, la stabilisation et la modification de la texture (CHIANG et LAI, 2018). Il est constitué de monomères

d'arabinose, de galactose, de rhamnose et d'acide galacturonique (GEORGE et SUCHITHRA, 2019).

Le mucilage de chia est un polymère naturel extrait de graines de chia (*Salvia hispanica* L.) (DA SILVA STEFANI *et al.*, 2018; LUO *et al.*, 2018). (TAMARGOA *et al.*, 2018). C'est un polysaccharide complexe, soluble dans l'eau, de poids moléculaire élevé et de viscosité élevée (GARCIA-SALCEDO *et al.*, 2018).

Il a une structure ramifié de tétrasaccharide composée d'une chaîne principale et consistant en 1-4 β -D-xylopyranosyl 1-4 α -D-glucoopyranosyl 1-4 β -D-xylopyranosyl avec résidus d'acide 4-O-méthyl- α -D-gluconopyranosyle se ramifiée à partir de β -D-xylopyranosyle (TAMARGOA *et al.*, 2018; LUO *et al.*, 2018; CORTES-CAMARGO *et al.*, 2018).

I.2.- Activités biologiques des polysaccharides

Parmi les nombreuses activités biologiques associées aux polysaccharides végétaux, on peut citer des activités anti-oxydantes, antivirales, antimicrobiennes, antitumorales, immunomodulatrices, antidiabétiques, antibiotiques, antimicrobiennes et anti-inflammatoires (PIERRE *et al.*, 2018; XIE *et al.*, 2016).

I.2.1.- Activité antioxydante

De nombreuses maladies sont causées par le stress dû à l'oxydation, notamment l'artériosclérose, le diabète, la néphrite et le cancer (ZHANG *et al.*, 2019b). L'activité antioxydante est l'un des indicateurs de référence les plus importants dans le développement et le traitement des médicaments (ALAM *et al.*, 2013). De nombreuses études ont montré que les antioxydants par exemple, les polysaccharides extraits de plantes, de champignons et d'algues peuvent être utilisés pour préparer des aliments fonctionnels et des produits de soins de santé, et peuvent être appliqués à la protection de l'organisme et à la prévention des maladies (ZHANG *et al.*, 2019b).

Un polysaccharide obtenu à partir de *Plantago depressa* (PDP) a présenté un effet de piégeage des radicaux DPPH dépendant de la dose de 61,5% et un effet de piégeage des radicaux ABTS de 99,5%, à une concentration de 0,75 mg/mL. Ainsi, il a présenté de forte capacité antioxydante démontrée par l'activité d'inhibition du blanchiment du β carotène (HAN *et al.*, 2016).

Deux fractions de polysaccharide, appelées CPLP et PLP, sont isolées et purifiées à partir des graines de *Plantago asiatica* L. Leurs activités antioxydantes sont évaluées par les activités de piégeage des radicaux DPPH, des radicaux hydroxyles et de peroxydation des lipides. Les résultats ont montré que le PLP était plus efficace que le CPLP pour piéger les radicaux libres, qui pourraient être associés à des caractéristiques structurales du PLP (JI *et al.*, 2019).

Deux fractions des polysaccharides, un extraits des graines et l'autre à partir des cosses de psyllium (*Plantago ovata* Forssk) sont nommées SPS et HPS respectivement. Les polysaccharides extraits et fractionnés des deux fractions comprennent le D-xylose, le L-arabinose, le D-glucose, le D-galactose et le L-rhamnose. Les pourcentages d'inhibition des radicaux libres ABTS sont 59,95%, 63,32% et 65,63% pour les polysaccharides extraits des graines. Aussi, des inhibitions de 50,62%, 59,12% et 66,44% sont observées avec les polysaccharides des cosses. La concentration efficace demi-maximale (CE50) est estimée à $413,42 \pm 3,96$, $383,60 \pm 7,13$ et $372,54 \pm 1,87$ μg pour les fractions de SPS. Alors que les valeurs de EC50 de $502,47 \pm 15,45$, $421,11 \pm 6,87$ et $347,40 \pm 1,79$ μg sont trouvés pour les fractions de HPS (PATEL *et al.*, 2019).

I.2.2.- Activité antidiabétique

Le diabète sucré (DM) est un problème grave de santé publique caractérisé par un trouble métabolique chronique associé à des complications, telles que des défaillances organiques multiples (WANG *et al.*, 2019c). Les défis du système de prestation de soins de santé publique avec les ressources humaines et financières inadéquates aussi les antidiabétiques coûteux associés à une disponibilité limitées, toutes ces conditions ont ouvert de nouvelles perspectives aux diabétiques de rechercher des médicaments complémentaires et alternatifs (CHINSEMBU, 2018). Ainsi, les polysaccharides de sources naturelles ont un grand potentiel dans la prévention de l'apparition et du développement du diabète (LI *et al.*, 2019b).

L'effet hypoglycémique du psyllium est étudié à l'aide de plusieurs modèles animaux. Le diabète de type 1 chez le rat est induit par une injection intrapéritonéale unique chez des rats à jeun anesthésiés à 65 mg de streptozotocine/kg de poids corporel, qui est dissous dans un tampon citrate à 0,5 M. Pendant ce temps, le diabète de type 2 est induit par une injection intrapéritonéale unique de 90 mg de streptozotocine/kg de poids corporel chez des rats âgés. L'administration de polysaccharide du psyllium a significativement amélioré la tolérance au glucose chez les modèles de rats diabétiques normaux de types 1 et 2. En particulier, lorsque le polysaccharide de psyllium était administré par voie orale avec une solution de saccharose sur le

modèle de rat, il a supprimé la glycémie postprandiale et a retardé l'absorption de saccharose de l'intestin grêle, sans induire un afflux dans le gros intestin (NIE *et al.*, 2018).

I.2.3.- Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est la première réponse montrée par le système immunitaire pour se défendre contre toute attaque de bactéries ou de virus. L'inflammation est responsable de la moitié de la charge mondiale de morbidité. Il se caractérise principalement par la douleur, la chaleur, le gonflement et les rougeurs. Les causes de l'inflammation peuvent être attribuées à des facteurs tels que l'irradiation ultraviolette, l'invasion microbienne, les réactions immunitaires et les dommages physiques (REHMAN *et al.*, 2019).

Une réponse inflammatoire réussie et contrôlée est un processus utile qui permet d'éliminer les stimuli nuisibles et de rétablir une physiologie normale régulée avec précision par une cascade moléculaire complexe. Toute imperfection de la réponse inflammatoire peut provoquer une morbidité et raccourcir la durée de vie (TASNEEM *et al.*, 2018).

Il est démontré que les lésions hépatiques induites par les lipopolysaccharides (LPS) entraînent souvent une surproduction de cytokines pro-inflammatoires et de ROS. Une expression élevée d'interleukine (IL) -6 après le traitement par le LPS a également considérée comme un signe de lésion hépatique. Des souris ont été prétraitées par voie orale avec une dose différente des polysaccharides obtenus à partir des graines de *Plantago asiatica* L. (PLCP) pendant 3 semaines. Le jour 22, ils sont injectés par voie intrapéritonéale avec du LPS et sacrifiés 12 h plus tard. Les résultats ont montré que le PLCP a inhibé la production excessive de facteur de nécrose tumorale-alpha, d'interleukine (IL) -6, IL-10, IL-2 et IL-1b dans le sérum et le foie de souris. Par conséquent, le PLCP peut posséder des effets anti-inflammatoires et protecteurs sur les lésions hépatiques (LI *et al.*, 2019).

I.2.4.-Activité immunomodulatrice

L'immunomodulation est une fonction biologique importante des polysaccharides naturels. Son principal mécanisme implique des récepteurs spécifiques, dont les récepteurs Toll-Like (TLR). La famille TLR des mammifères est un groupe de récepteurs codés pour la lignée germinale qui déclenchent des réponses immunitaires en reconnaissant les modèles moléculaires associés aux agents pathogènes microbiens. La famille comprend au moins 11 récepteurs, dont TLR2 et TLR4 sont bien caractérisés en tant que récepteurs transmembranaires impliqués dans la reconnaissance de ligands contenant des fragments glucidiques. Lors de la détection des ligands,

ces TLR déclenchent la cascade de signalisation, qui active les protéines kinases activées par les mitogènes (MAPK), régulant la prolifération cellulaire, la survie et les réponses immunitaires (JI *et al.*, 2019).

HU *et al.* (2016) ont rapporté que les polysaccharides acides des graines de *Plantago asiatica* L. (PLP) induisaient une augmentation dépendante de la concentration de la formation d'oxyde nitrique (NO) dans les cellules des macrophages. L'implication de la signalisation TLR dans les réponses des cellules des macrophages médiées par le PLP est également étudiée, révélant que la prolifération est induite par le PLP dans les cellules des macrophages.

Les polysaccharides extraits des feuilles de *Plantago palmata* Hook.f. sont particulièrement actifs dans l'amélioration de la production d'oxyde nitrique (NO) et de TNF- α par les macrophages activés par IFN- γ . Ces résultats suggèrent que les polysaccharides isolés possèdent des propriétés immunomodulatrices en stimulant la production de NO et de TNF- α dans les macrophages activés (ZHAO *et al.*, 2014).

Les polysaccharides (PLLCP) extraits des feuilles de *Plantago asiatica* L. et sa sous-fraction principale (PLL-2) ont atteint les effets immunomodulateurs en favorisant la sécrétion de cytokines pro-inflammatoires dans les cellules macrophages RAW264.7, telles que le TNF- α et l'IL-1 β (ZHANG *et al.*, 2019b).

CHPITRE II

Matériel et méthodes

La présente étude est portée sur l'extraction hydrosoluble des polysaccharides et la caractérisation de leur composition à travers une série de dosages colorimétriques dont la teneur en oses totaux, en oses neutres, en protéines et en polyphénols. De même, l'étude contribue à l'évaluation de l'activité antioxydant et de l'activité anti-inflammatoire *in vitro* et l'activité immunomodulatrice *in vivo* des polysaccharides isolés.

II.1.- Principe d'étude

Les plantes médicinales sont la source de la plupart des substances médicinales traditionnelles (ZENG *et al.*, 2019). Elles sont étudiées avec le plus grand intérêt dans les trois quarts de la population mondiale grâce à leurs bio-activités et faible toxicités par rapport aux molécules de drogues synthétiques (BORA *et al.*, 2020). Actuellement, les plantes médicinales ont un potentiel de traiter et prévenir la survenue de plusieurs maladies, infections et infestations (HE *et al.*, 2019). Ce potentiel réside dans les métabolites bioactifs qu'elles contiennent (MARTIN ORTEGA et SEGURA CAMPOS, 2019).

Les polysaccharides sont des macromolécules abondants dans la nature, considérés comme l'une des molécules biologiques les plus importantes (CHAKRABORTY *et al.*, 2019). Elles jouent deux rôles majeurs dans les organismes vivants dont des composants structurels des parois cellulaires des plantes comme la cellulose et des matériaux de réserve alimentaire des plantes comme l'amidon (BEMILLER, 2019b). Les polysaccharides et leurs dérivés ont certaines fonctions biologiques spécifiques, telles que antioxydantes, régulatrices immunitaires, anti-inflammatoires, anti-tumorales et anticancéreuses (CHEN *et al.*, 2018). C'est pour ça que de nombreux polysaccharides sont approuvés comme ingrédients bioactifs des médicaments (HE *et al.*, 2019).

Le présent travail s'oriente sur l'étude des polysaccharides hydrosolubles de la plante saharienne spontanée *Plantago albicans* L. issue de la région d'El Oued. L'étude vise vers l'extraction hydrosoluble des polysaccharides, la caractérisation partielle par des dosages colorimétriques, la réalisation des tests et des analyses biologiques portent sur l'activité antioxydante, l'activité anti-inflammatoire et l'activité immunomodulatrice préventive sur des rats mâles et femelles de souche *Wistar albinos*.

II.2.- Matériel d'étude

Le matériel d'étude est constitué de matériel biologique, des produits chimiques et des appareils utilisés au cours de l'expérimentation.

Matériel biologique

Il est constitué de matériel végétal dont l'espèce *Plantago albicans* L. et de matériel animal dont des rats mâles et femelles de souche *Wistar albinos*.

II.2.1.1.- Matériel végétal

Il est composé des épis de *Plantago albicans* L., récoltés dans la wilaya d'El-Oued et séchés à l'ombre avant d'être broyés.

II.2.1.1.1.- Choix des espèces végétales

Le genre *Plantago* est le plus grand genre de la famille *Plantaginaceae* avec environ 265 espèces. L'utilisation traditionnelle extensive et les applications médicinales modernes de plusieurs espèces de *Plantago* sont la conséquence de leur remarquable variété de propriétés curatives à savoir astringentes, styptiques, antimicrobiennes, expectorantes, diurétiques et adoucissantes (El Souda *et al.*, 2014). De nombreuses études sont signalées sur des différentes activités biologiques des espèces de *Plantago* comme hépato-protectrice, anti-inflammatoire (Ozbek *et al.*, 2010), antivirale, immunomodulatrice (TINKOV *et al.*, 2014), antioxydante, anti-obésité (Xiaolong *et al.*, 2019), antirhumatismale (ŠARIC-KUNDALIC *et al.*, 2010), antidiabétique et anticancéreux (EL SOUDA *et al.*, 2014).

Pour la présente étude le choix est porté sur plante spontanée à caractère médicamenteux du Sahara septentrional Est algérien issue de la région d'El Oued. Il s'agit de *Plantago albicans* L..

II.2.1.1.2.- Description botanique de l'espèce *Plantago albicans*

Plantago albicans L. (Photo 01) est une plante très polymorphe, à des feuilles allongées à 3-5 nervures en général très hispides, blanchâtres, et des épis longs et étroits de 5-7 mm dépassant les feuilles, pâturages arides, pétales largement ovales et glabres et sépales antérieures dissymétriques (QUEZEL et SANTA, 1963 ; OZENDA, 1977). (photo 01)

Le nom vient du mot latin "planta", qui signifie "plante du pied", une référence aux larges feuilles allongées touchant le sol que l'on trouve dans les rosettes basales de certaines espèces (TUTEL *et al.*, 2005).



Photo 01.- *Plantago albicans* L. à Hassi Khelifa, Wilaya d'El Oued (Algérie)

II.2.1.1.3.- Répartition géographique

Les espèces de *Plantago* sont distribuées dans toutes les régions phytogéographiques soit comme mauvaises herbes en culture, soit dans les environnements plus arides des déserts et des oasis (GAZER et SHALABI, 2016).

Dans l'Algérie, les espèces de *Plantago* est abondant sur les haut-plateaux et dans la région présaharienne dont Ain Sefra, Zenaga, Laghouat, Bou Saada, Tolga et Biskra, mais plus rare dans les Collines côtières (QUEZEL et SANTA, 1963; OZENDA, 1977).

II.2.1.1.4.- Position systématique

La position systématique de *Plantago albicans* L. selon QUEZEL et SANTA (1962) et OZENDA (1977), est la suivante:

- Embranchement: Spermaphyte
- Sous-embranchement: Angiosperme
- Classe: Dicotylédones
- Ordre: Lamiales
- Famille: Plantaginaceae
- Genre: *Plantago*
- Espèce: *Plantago albicans* L.

- Récolte et parties étudiées

Pour la présente étude l'espèce *Plantago albicans* L. est récoltée le 11 Mai 2019 au niveau de Hassi Khelifa, Wilaya d'El Oued (Algérie), dans un point caractérisé par les coordonnées géographiques de latitude 33° 30' 39.4" Nord, et de longitude 6° 58' 28.92" Est. Après la récupération de la plante, ses différentes parties sont séparés où les épis sont la partie retenue dans ce travail pour l'extraction et l'étude de leurs polysaccharides.

II.2.1.2.- Matériel animal

L'étude est réalisée sur vingt rats mâles et vingt rattes femelles de souche *Wistar albinos*, provenus de l'Institut Pasteur d'Alger, âgés de douze semaines, pesés environ 280-300 g pour les rats males, 200-250 g pour les rattes femelles. Les animaux sont élevés à l'animalerie de la faculté de sciences de nature et de la vie, à l'université Echahid Hamma Lakhdar-EL-Oued.

Les rats sont identifiés et placés dans des cages plastique dans des conditions de laboratoire standard à une température ambiante contrôlée d'environ 25°C et un taux d'humidité de 45-64% selon un cycle lumière / obscurité de 12 h (PAYANI *et al.*, 2019). Ils sont nourris par un régime alimentaire standard composé de maïs, cellulose, protéine, saccharose, vitamine, minéraux et huile (SOUTHON *et al.*, 1984) et subis à une période d'adaptation de 15 jours avant le début de l'étude. Après la période d'adaptation, les animaux sont répartis selon l'homogénéité du poids en quatre lots expérimentaux de cinq rats pour chacun.

II.3.- Méthodes d'étude

Dans cette partie, il est développé la méthode d'extraction, les différents dosages colorimétriques et les tests biologiques des polysaccharides isolés.

II.3.1.- Technique de séchage et de broyage

Un séchage de la partie à étudier de la plante est effectué à l'abri de la lumière et à température ambiante (ADDOUN *et al.*, 2019), suivi d'un broyage avec un mixeur électrique (MEHELLOU, 2015).

II.3.2.- Extraction hydrosolubles des polysaccharides

Soixante grammes (60 g) de poudre sèche d'épis sont prétraités par 600 ml d'acétone à la température ambiante pendant 3 heures (TABARSA *et al.*, 2019). Puis, le broyat est macéré dans l'eau distillée à 80°C pendant trois heures (HAO *et al.*, 2020), la macération est répétée trois fois (WANG *et al.*, 2014). Après une centrifugation 3500 rpm pendant 10 min , le surnagent

recupéré est précipité par addition de 4 volumes d'éthanol à 95% (XIA *et al.*, 2019) à 4 °C pendant une nuit (KAKAR *et al.*, 2020). Après centrifugation 3500 rpm pendant 10 min, les culots obtenus, sont lavés avec l'acétone trois fois. Après l'évaporation de l'acétone à la température ambiante (TABARSA *et al.*, 2018), une poudre blanche et sèche a été obtenue, c'est l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles.

Le rendement est la quantité d'extrait obtenue à partir de la poudre végétale. Il est exprimé sans unité ou en pourcentage. En pratique, on a fait le rapport de la masse de l'extrait sur la masse de la poudre végétale qui a servi pour l'extraction qu'on a multiplié par 100. Ceci se traduit par la formule suivante (CHEN *et al.*, 2019) :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{Poids des polysaccharides bruts sec (g)} \times 100}{\text{Poids de la poudre sec de la plante (g)}}$$

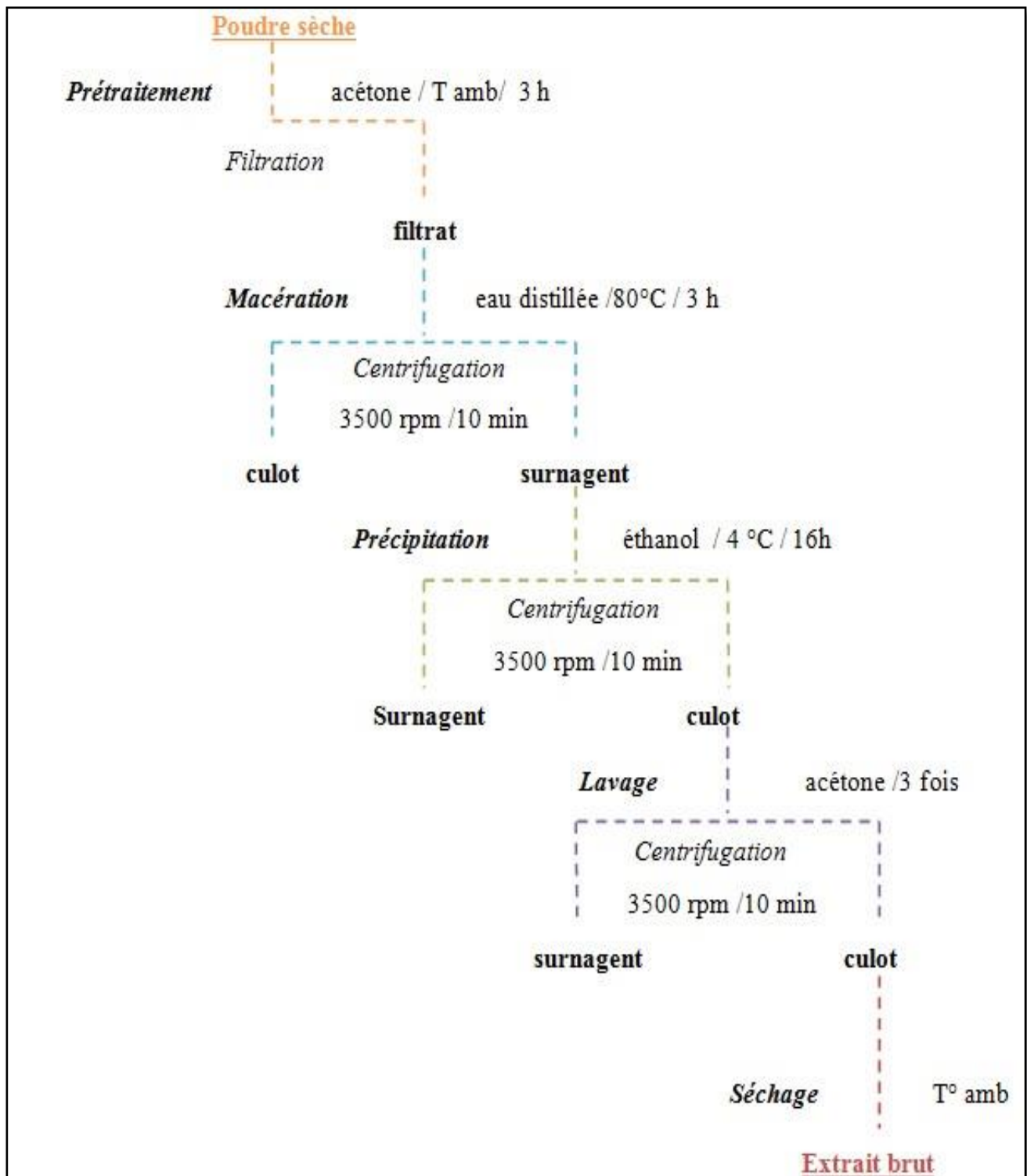


Figure 06.- Schéma général des différentes étapes d'extraction des polysaccharides hydrosolubles (HAO *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2014; KAKAR *et al.*, 2020; TABARSA *et al.*, 2018; TABARSA *et al.*, 2019; XIA *et al.*, 2019)

II.3.3.- Composition des extraits bruts de polysaccharides

Les teneurs en oses totaux, oses neutres et protéines sont déterminés par des méthodes colorimétriques.

II.3.3.1.- Dosage des protéines

Le dosage des protéines se fait par deux méthodes différentes dont la méthode de LOWRY *et al* (1951) et la méthode de BRADFORD (1976).

II.3.3.1.1.- Méthode de LOWRY (1951)

La méthode de LOWRY *et al* est une méthode sensible de dosage colorimétrique des protéines.

- **Principe**

Les protéines réagissent avec le réactif de Folin Ciocalteu pour donner des complexes colorés. La couleur ainsi formée est due à la réaction du phosphomolybdate par la tyrosine et le tryptophane. L'intensité de la coloration dépend donc de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines (YAPI, 2008).

- **Mode opératoire**

Dans des tubes à essai en verres et à l'aide d'une micropipette, 400 μ l de l'étalon ou de l'échantillon sont mélangés à 2 ml de réactif C de LOWRY puis agités et laissés pendant 10 min à la température ambiante. En suite, 200 μ l de réactif de Folin dilué (v/v) sont ajoutés au mélange réactionnel avant de laisser les tubes incuber à l'obscurité pendant 30 min à la température ambiante. L'Absorbance est mesurée à 750 nm. La concentration en protéines est obtenue par référence avec une gamme étalon de sérum albumine bovine (BSA) (LOWRY *et al.*, 1951).

II.3.3.1.2.- Méthode de BRADFORD

La concentration en protéines de l'extrait est déterminée selon la méthode de BRADFORD (1976).

- **Principe**

Cette méthode est rapide, simple et sensible (SHEN, 2019). Elle a pour principe la formation de complexes entre le bleu de Coomassie et les résidus basiques et aromatiques des protéines et le changement du couleur du bleu de Coomassie. L'absorbance est mesurée à 595

nm. La concentration en protéines est obtenue par référence avec une gamme étalon de sérum albumine bovine (BRADFORD, 1976 ; LEBA, 2012).

- **Mode opératoire**

Deux cent (200) µl de l'étalon ou de l'échantillon et 2 ml de réactif de Coomassie sont placés dans un tube à essai en verre et agités pendant 30 secondes. Après 2 min de réaction et avant une heure, l'absorbance est mesurée à 595 nm par un spectrophotomètre de type UV visible (BRADFORD, 1976). Après quelques minutes d'incubation, l'absorbance est mesurée et comparée à celle d'une gamme étalon d'albumine sérique bovine (BSA).

II.3.3.2.- Dosage des oses

Les deux méthodes de DUBOIS *et al.* (1956) et MONSIGNY *et al.* (1988) sont utilisés pour évaluer des concentrations des oses totaux et des oses neutres respectivement dans l'extrait brut.

II.3.3.2.1.- Dosage des oses totaux

La teneur en oses totaux, est déterminée selon la méthode de DUBOIS *et al.* (1956).

- **Principe**

Lorsque les hydrates de carbone sont déshydratés par l'acide sulfurique concentré, ils produisent des dérivés du furfural. Une autre réaction entre les dérivés du furfural et le phénol développe une couleur jaune-orange détectable à 490nm. L'absorption de la lumière est enregistrée sur un spectrophotomètre (DUBOIS *et al.*, 1956 ; GHLISSI *et al.*, 2019).

- **Mode opératoire**

Deux cent (200) µl d'échantillon et 1 ml d'une solution aqueuse à 5% de phénol sont mélangées dans un tube à essais en verre avec une agitation manuelle pendant 2 minute. Par la suite, 2 ml d'acide sulfurique concentré sont ajoutés rapidement au mélange. Puis les tubes à essai est porté au bain Marie à 90 °C durant 5 min. Après avoir les tubes à essai reposés dans un bain glace pendant 10 min, l'absorption de la lumière à 490 nm est enregistrée sur un spectrophotomètre UV-visible (RUIZ, 2005). Les solutions de référence sont préparées de la même manière que ci-dessus, sauf que les 2 ml d'échantillon sont remplacés par de l'eau distillée. Le phénol utilisé dans cette procédure est préparé immédiatement avant les mesures (GHLISSI *et al.*, 2019).

II.3.3.2.2.- Dosage des oses neutres

Les oses neutres sont dosés par une méthode colorimétrique mis en point par MONSIGNY *et al.* (1988).

- **Principe**

C'est une méthode simple et pratique qui permette des dosages précis avec de petits échantillons de sucres neutres. Dans lequel les sucres neutres réagissent avec le résorcinol en présence d'une solution d'acide sulfurique à 75% pour donner une couleur jaune brune (MONSIGNY *et al.*, 1988).

- **Mode opératoire**

Dans des tubes en verres, 400 µl d'échantillon, 400 µl de résorcinol de 6mg/ml et 2 ml d'acide sulfurique concentré sont mélangées. Par la suite, les tubes sont placés pendant 30 min dans un bain marie à 90°C, puis placés dans un bain de glace et à l'abri de la lumière durant 30 min. La lecture est effectuée à la longueur d'onde 480 nm, au spectrophotomètre UV visible (MONSIGNY *et al.*, 1988).

II.3.3.2.3.- Dosage de polyphénols

Le dosage de polyphénols est réalisé suivant la méthode de Folin Ciocalteu décrit par SINGLETON et ROSSI (1965).

- **Principe**

La réduction du réactif de Folin Ciocalteu entraine une diminution de ses propriétés colorimétriques. L'acide gallique est utilisé comme standard d'étalonnage (SLAVOV *et al.*, 2017). Le réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. La réduction de réactif se fait lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de molybdène. La coloration produite, dont l'absorption maximum à 765 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (BOIZOT et CHARPENTIER, 2006).

- **Mode opératoire**

Cent (100) µl d'extrait sont ajoutés à 0,5 ml de réactif de Folin Ciocalteu (dilué au 1/10). Le mélange est agité et laissé au repos pendant 5 min. Après cela, 2 ml de solution de carbonate de sodium NaCO₃ (20%) sont ajoutés au mélange (AMEZOUAR *et al.*, 2013). L'absorbance est

lue à 765 nm après 30 min d'incubation dans une température ambiante (MOUHOUBI-TAFININE *et al.*, 2016).

II.3.4.- Activités biologiques des polysaccharides

Il est noté le test des activités antioxydantes, antiinflammatoire et immunomodulatrice.

II.3.4.1.- Activité antioxydante *in vitro*

Le potentiel antioxydant des polysaccharides est évalué en utilisant deux méthodes. Tous les dosages sont effectués en triple et la valeur de la moyenne est calculée. L'acide ascorbique est utilisé comme référence.

II.3.4.1.1.- Réduction du radical 1,1'-diphényl-2-picrylhydrazyle (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 d'une molécule (SHAHIDI et ZHONG, 2015)

- **Principe**

Le diphényl picryl-hydrazyle est un radical libre stable ayant une couleur violette qui possède un électron libre sur un atome du pont d'azote. Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphényl picryl-hydrazyl par un atome d'hydrogène qui vient se fixer sur le radical en entraînant une perte de couleur et une production d'un composé jaune. C'est ce qui permet le suivi de l'efficacité d'un antioxydant par spectrophotométrie (GUILLOUTY, 2016 ; TALBI *et al.*, 2015).

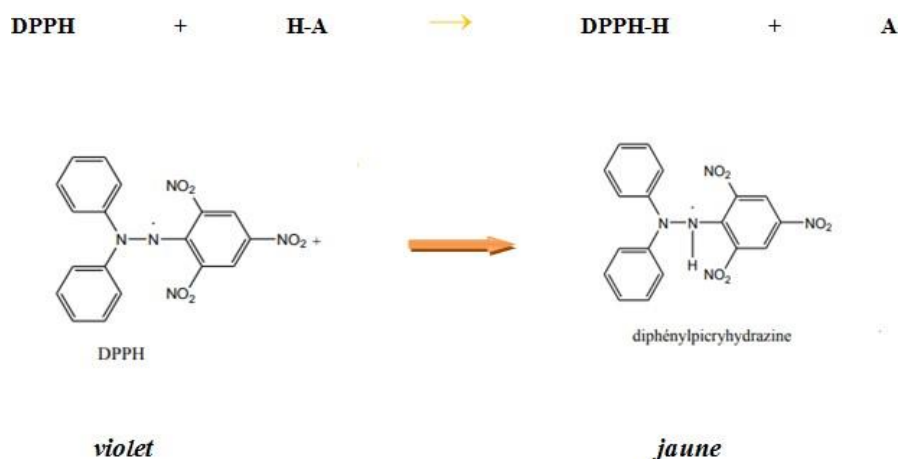


Figure 07.- Structure chimique du radical libre DPPH (MADI, 2018)

- **Mode opératoire**

L'activité antioxydante des extraits polysaccharidique est mesurée par la méthode de réduction du radical DPPH comme décrit par BRAND-WILLIAMS *et al.* (1995).

Cinq cent (500) µl de l'extrait avec différent concentrations (0.5, 1, 1.5, 2 et 3 mg/ml) et 2 ml de solution de DPPH sont mélangés et agités. Ensuite, le mélange est incubé à l'obscurité pendant 30 minutes. Un spectrophotomètre UV-Vis est utilisé pour mesurer l'absorbance à 517 nm avec 1ml de l'eau ajoutée à 1 ml de DPPH comme blanc (control négatif) et l'acide ascorbique comme control positif (HU *et al.*, 2013).

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

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

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

Chaque valeur représente la moyenne de trois expériences indépendantes.

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

II.3.4.1.2.- Puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP)

La méthode de FRAP est simple, rapide et peu couteuse (TOLBA, 2016).

- **Principe**

La méthode de FRAP est un dosage colorimétrique du transfert d'électrons, basée sur la capacité des produits testés à réduire le fer (BERKER, 2007). La présence de réducteurs tels qu'une substance antioxydante provoque la réduction du fer ferrique (Fe³⁺) en fer ferreux (Fe²⁺). Par conséquent, le Fe²⁺ peut être surveillé en mesurant la formation de bleu de Prusse de Perl à 700 nm. La couleur brune de la solution change en diverses nuances de vert et de bleu, en fonction du pouvoir réducteur de la substance antioxydante (GHAISAS *et al.*, 2008)

- **Mode opératoire**

La capacité réductrice de l'extrait polysaccharidique est déterminée par la méthode d'OYAIZU (1986).

Cinq cent (500) µl de l'extrait avec différentes concentrations (0.5, 1, 1.5, 2 et 3 mg/ml), ml de tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 1.25 ml de solution de potassium ferricyanure (1%) sont mélangés et incubé à 50°C au bain-marie pendant 20 min. Le mélange incubé est laissé à refroidir à température ambiante. Ensuite, 1.25 ml d'acide trichloroacétique TCA (10%) sont ajoutés. La solution est centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min où un aliquote de 1.25 ml est retirée et 1.25 ml d'eau distillé suivie de 0,25 ml de solution de Chlorure ferrique FeCl₃ (0,1%) sont été ajoutés de sorte que le volume final était de 2.75 ml. L'absorbance de la solution résultante est mesurée après 2 min à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre).

Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (BOUGANDOUR et BENDIMERAD, 2012).

Le pourcentage de pouvoir réducteur de fer est calculé par la réaction suivante:

$$\text{Pouvoir réducteur de fer (\%)} = \left[\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right] \times 100$$

- A₀ : est l'absorbance de FeCl₃.
- A₁ : est l'absorbance de FeCl₃ en présence de l'extrait (GHAISAS *et al.*, 2008).

Chaque valeur représente la moyenne de trois expériences indépendantes.

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

I.3.4.2.- Activité anti-inflammatoire *in vitro*

L'activité anti-inflammatoire des extraits polysaccharidique est étudiée en utilisant le test d'inhibition de la dénaturation d'albumine (KADA, 2018).

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

Deux cent (200) µl d'albumine d'œuf (provenant d'un œuf de poule frais), 2,8 ml de solution saline tampon phosphate (PBS, pH 6,4) et 2 ml de concentrations variables de l'extrait

de sorte que les concentrations finales deviennent 0.5, 1, 1.5, 2 et 3 mg/ml sont mélangés. Ensuite, les mélanges sont incubés à 37°C au bain-marie pendant 15 min, puis chauffés à 70°C pendant 5 min. Après refroidissement, leur absorbance est mesurée à 660 nm ou la solution saline tampon phosphate est utilisé comme blanc (KENDUR *et al.*, 2017).

Le diclofénac de sodium avec différentes concentrations est utilisé comme control positif et traité de manière similaire pour la détermination de l'absorbance (SANGITA *et al.*, 2012).

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

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

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

Chaque valeur représente la moyenne de trois expériences indépendantes.

La concentration d'extrait / control pour une inhibition de 50% (IC₅₀) a été déterminée en traçant le pourcentage d'inhibition par rapport à la concentration (TUKAPPA *et al.*, 2015).

II.3.4.3.- Activité immunomodulatrice *in vivo*

Ce travail porte sur l'étude de l'effet toxique de l'acétate de plomb sur les compositions sanguin généralement et sur l'activité du système de défense spécifiquement chez des rats mâles et femelles de souche *Wistar albinos*.

II.3.4.3.1.- Traitement

Après la période d'adaptation, les animaux sont répartis en quatre lots expérimentaux de cinq rats pour chacun.

La dose utilisée d'acétate de plomb est selon (SAKA *et al.*, 2011)

- Lot 01 (T) : Rats témoin.
- Lot 02 (C-) : Rats exposés à l'acétate de plomb (100 mg/kg poids des rats) pendant 3 jours.
- Lot 03 (C+) : Rats traités par l'acide ascorbique (Vit C) (100mg/kg poids des rats) pendant 15 jours et exposés à l'acétate de plomb (100 mg/kg poids des rattes) durant 3 jours.
- Lot 04 (PEPA) : Rats traités par PEPA (70mg/kg poids des rats) pendant 15 jours et exposés à l'acétate de plomb (100 mg/kg poids des rats) durant 3 jours.

Les 02 groupes males et femelles sont répartis de la même façon.

II.3.4.3.2.- Sacrifice et prélèvement de sang

Après 16h de jeûne les rats sont pesés, anesthésiés par chloroforme (94%) et sacrifiés par décapitation (DEROUICHE, 2016). le prélèvement sanguin s'effectue au moment de sacrifice des rattes où les sangs sont transférés dans des tubes contenant l'anticoagulant EDTA et utilisés pour l'analyse hématologique préalablement étiquetés (BERREDJEM, 2016).

II.3.4.3.3.- Analyse des paramètres hématologique

L'analyse de la formule de la numération sanguine (FNS) est réalisée à l'aide d'un analyseur de cellules sanguines automatisé. Les paramètres analysés sont le nombre total de globules blancs (GB), le nombre de lymphocytes, de granulocytes et de monocytes, le nombre de globules rouges (GR) et de plaquettes (PLT) (Al-HAYDER *et al.*, 2020).

III.- Analyses statistique des résultats

L'analyse statistique des données est réalisée grâce au logiciel MINITAB17 (Version 17.1.0) et Office de Microsoft (EXCEL 2007). Les résultats ont été représentés sous forme des moyennes et écart-types ($M \pm SEM$). Les moyennes sont comparées par un test t de Student.

Les différences sont considérées comme :

* : Différence significatives ($P \leq 0,05$).

** : Différence hautement significative comparant au témoin ($P \leq 0,01$).

*** : Différence très hautement significative comparant au témoin ($P \leq 0,001$).

P: Seuil de signification.

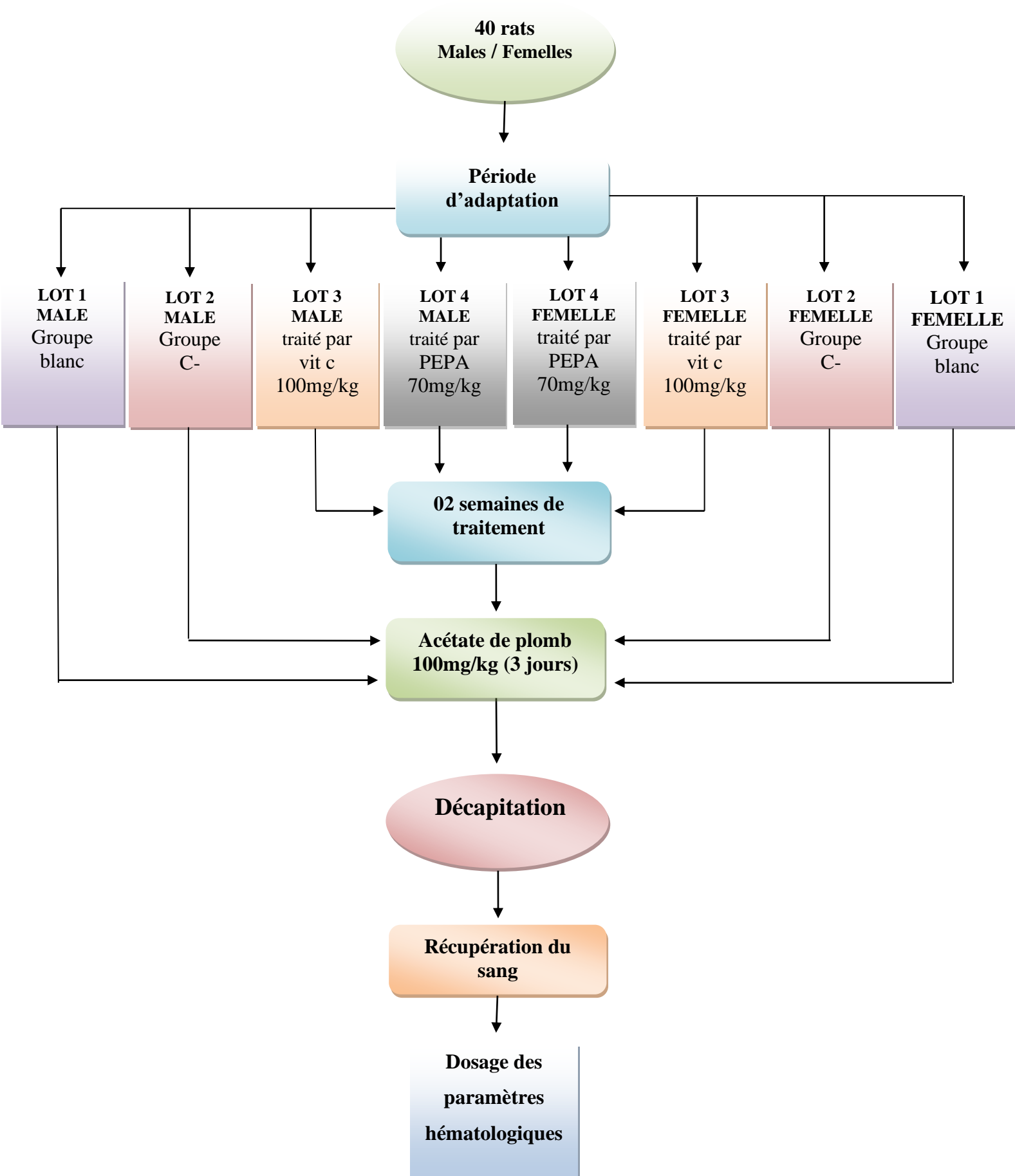


Figure 08.- Schéma général du protocole de l'activité *in vivo*.

CHAPITRE III

Résultats et discussion

Les résultats des analyses biochimiques et des activités biologiques testées sur l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des épis de *Plantago albicans* L. (PEPA) sont présentés dans ce chapitre.

III.1.- Rendement d'extraction des polysaccharides

Le rendement massique de PEPA est de 7.12 %. Cette valeur est inférieure à celles rapportées par PATEL *et al.* (2019) qui ont obtenu des rendements en polysaccharides bruts solubles des graines et des enveloppes de *Plantago ovata* Forssk respectivement de 47,72 % et 64,55 % et par ADDOUN *et al.* (2019) qui ont remarqué un rendement final proche de 18,6 % à base de graines séchées de *Plantago ciliata*. Ainsi, ZHAO *et al.* (2014) ont obtenu des polysaccharides bruts des graines de *Plantago depressa* avec un rendement de 12,46 %.

Par contre le rendement noté est supérieure au rendement signalé par YE *et al.* (2011) pour des polysaccharides des graines de *Plantago asiatica* L. de 2,467 %. Selon HAN *et al.* (2016) et ZHANG *et al.* (2019), il y a quatre paramètres pourraient affecter au rendement des polysaccharides, y compris le temps d'extraction, le rapport liquide / solide, le nombre d'extraction et la température d'extraction.

Tableau 01.- Caractéristiques de l'extrait polysaccharidique des épis de *Plantago albicans* L.

Caractéristiques	Poids(g)	Aspect	Couleur	Rendement(%)	Solubilité
Extrait polysaccharidique	4.487	Poudre	Blanc	7.12%.	Eau distillé



Photo 02.-Extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des épis de *Plantago albicans* L.

III.1.-Composition de l'extrait brut des polysaccharides isolés

Après la série de dosages colorimétriques, les concentrations d'oses totaux, d'oses neutres, des protéines et des polyphénols sont évaluées (Fig. 09). D'après les résultats, l'extrait polysaccharidique est doté de 79.5 % d'oses totaux, de 27.3 % d'oses neutres, de faibles teneurs en protéines, soit 5 % selon LOWRY et 15 % selon BRADFORD et d'une absence de composés phénoliques (0 %).

PATEL *et al.* (2018) ont isolé trois fractions polysaccharidiques w, w1 et w2 extrait par la méthode «eau chaude» à partir des feuilles de *Plantago ovata*, dont les teneurs en oses totaux des trois fractions sont de 69, 79 et 71% respectivement. Il est remarqué que ce résultat est inférieur que celui signalé chez la fraction isolé de *Plantago albicans* L.

Les teneurs en oses totaux de PDSP-1, PDSP-2, PDSP-3 et PDSP-4 sont indiquées à 90,7 %, 89,1 %, 93,1 % et 91,9 %, respectivement dans un extrait aqueux de quatre fractions polysaccharidiques issus des graines de *Plantago depressa* (ZHAO *et al.*, 2014). Ces teneurs sont supérieures à celle obtenue pour la fraction isolée de *Plantago albicans* L.

Un taux d'oses neutres de 63.3 ± 3.17 % est noté par ADDOUN *et al.* (2019) dans un extrait aqueux des polysaccharides graines de *Plantago ciliata* Desf. YIN *et al.* (2012) signalent une teneur en protéines pour l'extrait des polysaccharides issus des graines de *Plantago asiatica* L. de 1.45 %.

De même, HU *et al.* (2013a) rapportent des teneurs en protéines des polysaccharides graines de *Plantago asiatica* L. de 1.24 %. Ces teneures sont inferieures que celle marqué pour l'extrait polysaccharidique de *Plantago albicans* L. Ces contenus faibles en protéines peut s'expliquer par l'influence de température des milieux d'extraction, dont l'augmentation de la température réduit la teneur en protéines dans l'extrait (MILANI *et al.*, 2007).

LUKOVA *et al.* (2020) distinguent des teneurs de 0.34 ± 0.03 % de polyphénols pour les polysaccharides des feuilles de l'espèce végétale *Plantago major* L. Il est remarqué que ce résultat est supérieur à celui obtenu pour l'espèce *Plantago albicans* L. L'absence de composés phénoliques dans PEPA. est due au prétraitement de dépigmentation réalisé sur les épis broyés avant l'extraction (ZHAO *et al.*, 2014).

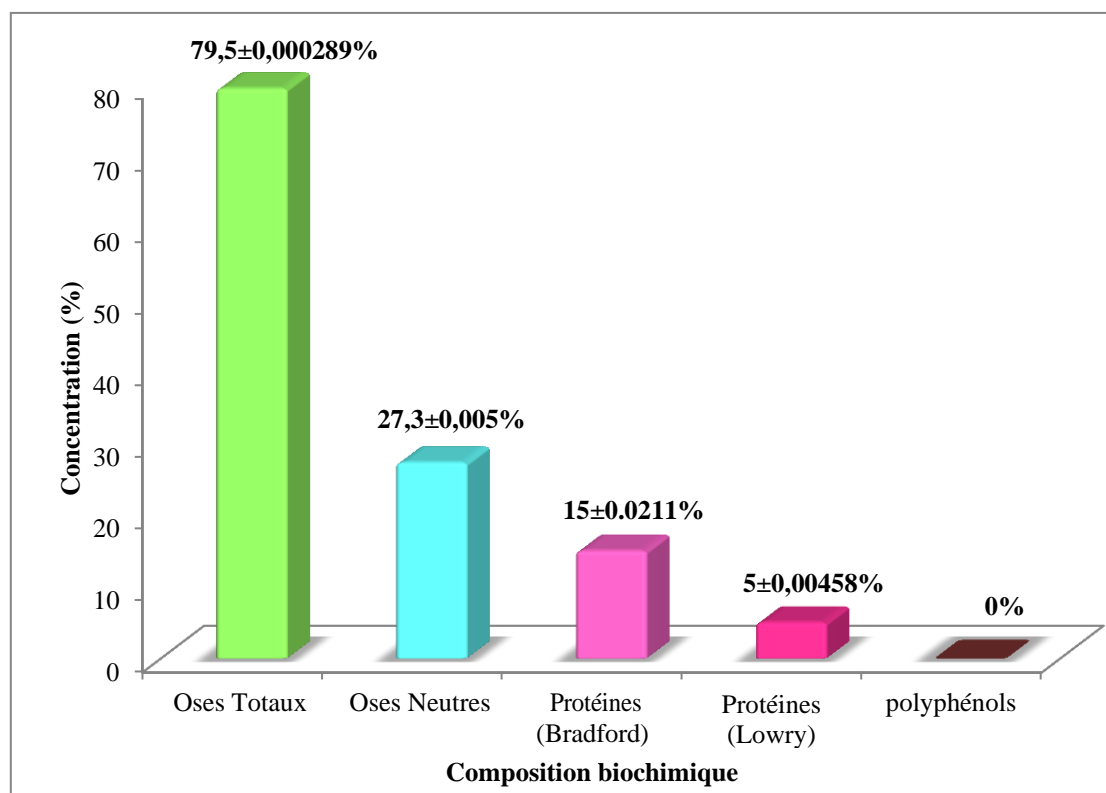


Figure 09.- Composition biochimique de PEPA

III.3.- Activités biologiques de l'extrait polysaccharidique

Les potentialités biologiques de PEPA sont évaluées par l'activité antioxydante, par l'activité anti-inflammatoire et par l'activité immunomodulatrice.

III.3.1.- Activité antioxydante

L'activité antioxydante de PEPA est évaluée par les tests DPPH et FRAP.

II.3.1.1.- Réduction du radical 1,1'-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH)

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

Le modèle de piégeage du radical DPPH stable est une méthode largement utilisée pour évaluer la capacité de piégeage des radicaux libres des composés naturels (HU *et al.*, 2013b). En

interagissant avec le DPPH, les antioxydants transfèrent soit un électron, soit un atome d'hydrogène vers le radical DPPH en neutralisant son caractère radicalaire (YIN *et al.*, 2010).

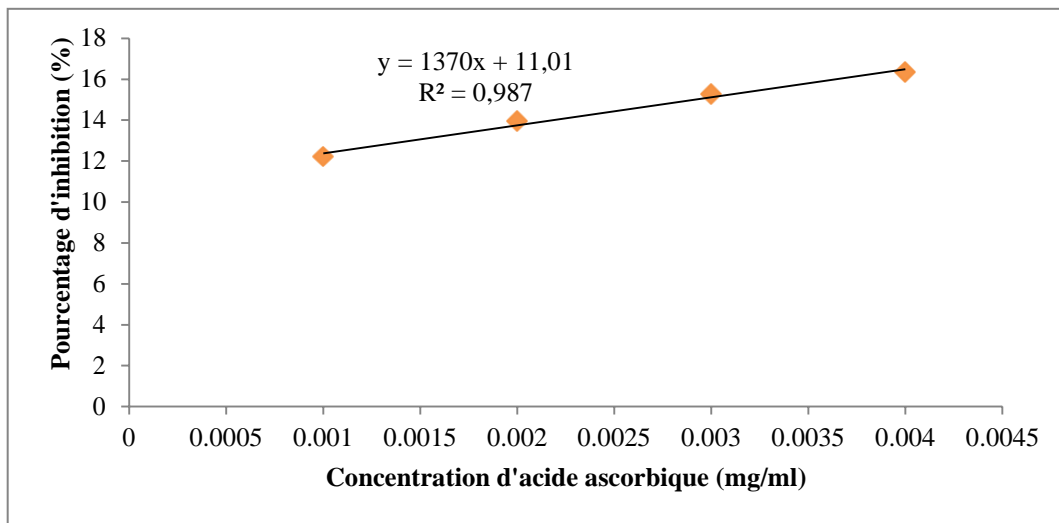


Figure 10.- Pourcentage d'inhibition de l'activité de piégeage des radicaux DPPH par l'acide ascorbique

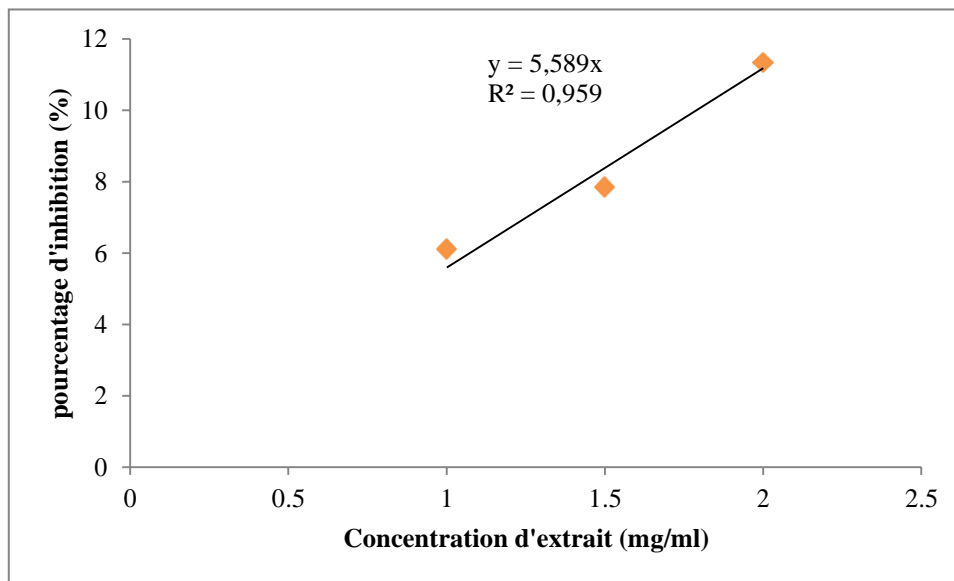


Figure 11.- Pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH par PEPA

Pour chaque concentration testée (Fig. 11), le PEPA présente une activité antioxydante vis à vis des radicaux DPPH. Cependant, il est à noter que pour toutes les concentrations testées (de 1 à 2 mg/ml), ces activités antiradicalaires sont toujours inférieures à celles des solutions d'acide ascorbique.

Les valeurs d'IC₅₀ (concentration inhibitrice à 50 %) sont calculées à partir des équations linéaires de la courbe.

Tableau 02.- Les valeurs d'IC₅₀ d'inhibition des radicaux DPPH

IC ₅₀ d'acide ascorbique (mg/ml)	0.28
IC ₅₀ d'extrait (mg/ml)	8,946

Le PEPA a montré une activité antioxydante plus faible par rapport à l'acide ascorbique. Cela peut être dû à la précipitation du polysaccharide, en raison de la présence de méthanol, il représente environ les trois quarts du volume de la solution (YIN *et al.*, 2010). YE *et al.* (2011) ont signalé une valeur d'IC₅₀ de 0.32 mg/ml en étudiant l'effet antioxydant de polysaccharides de graines de *Plantago asiatica* L., ce qui est plus supérieur au pouvoir antioxydant de l'espèce investiguée. Des études antérieures ont montré que les polysaccharides possèdent un effet anti-radicalaire en raison de leurs caractéristiques structurelles spécifiques (GONG *et al.*, 2015). Cela peut être dû à la présence de nombreux hydroxyles qui pourraient agir comme donneur d'électrons et transférer des électrons vers les radicaux DPPH, qui se combinent avec eux et forment un radical stable pour terminer la réaction en chaîne radicalaire (HU *et al.*, 2013b ; HAN *et al.*, 2016).

III.3.1.2.- Puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP)

De manière générale, dans le but d'évaluer le pouvoir antioxydant de composés naturels tels que les polysaccharides, des mesures de pouvoir réducteur sont réalisées. Une molécule antioxydant permet la réduction de l'ion Fe³⁺ issu du ferricyanide de potassium en ion Fe²⁺. Par conséquent, en ajoutant du FeCl₃, un complexe de couleur bleue spécifique est produit (PETERA, 2016).

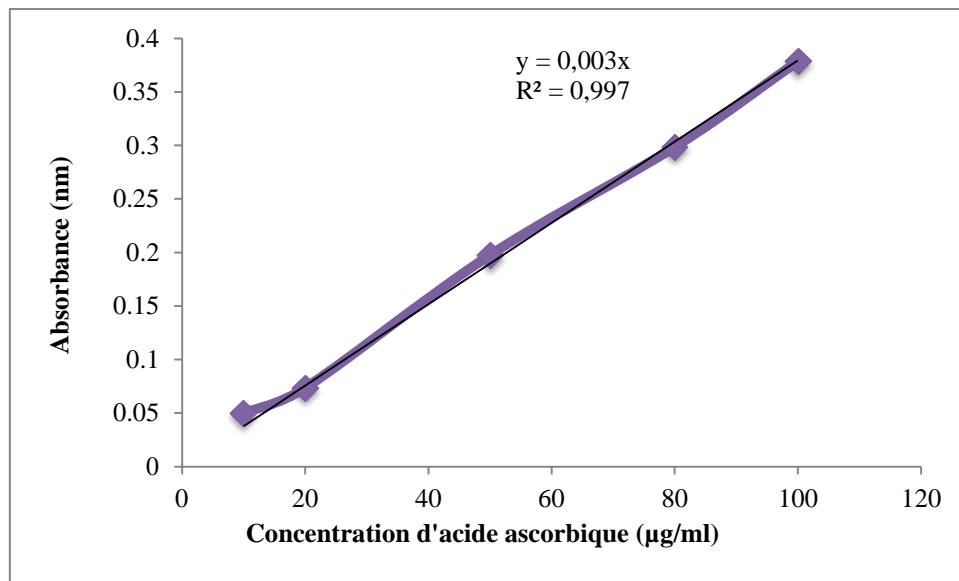


Figure 12.- Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante FRAP de l'acide ascorbique

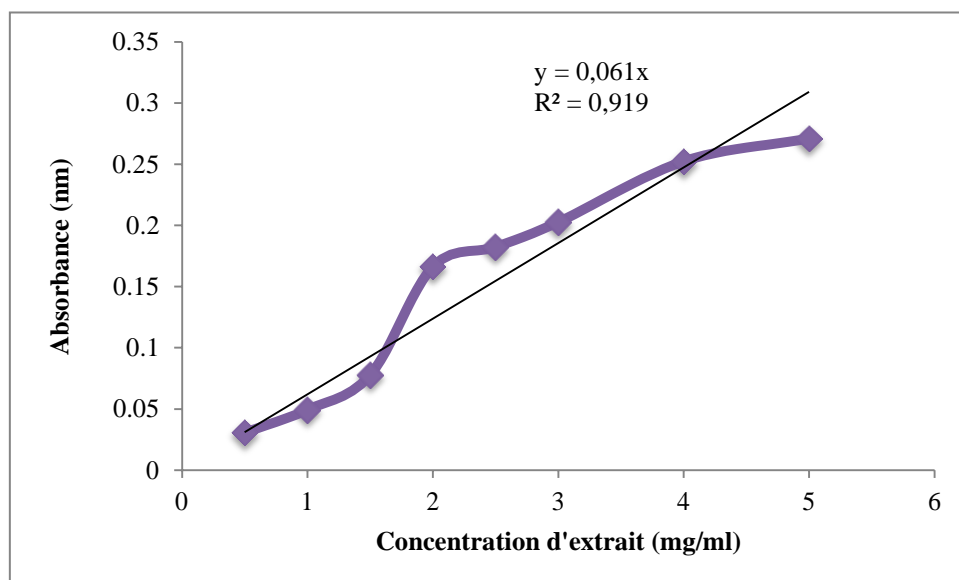


Figure 13.- Courbe d'étalonnage de l'activité antioxydante FRAP de PEPA

Le pouvoir réducteur de l'extrait est dose dépendante. A la concentration de 5mg/ml, le pouvoir réducteur de l'extrait est largement supérieur (absorbance = 0,271), mais en comparaison avec l'acide ascorbique (utilisé comme témoin), le pouvoir réducteur de ce polysaccharide est très faible. En effet, à une concentration de 0.1 mg/ml, il est observé une absorbance de 0.378 par l'acide ascorbique. Quelques études antérieures ont montré que le pouvoir réducteur d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (BOUGANDOUR et BENDIMERAD, 2012).

III.4.-Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est une réponse biologique complexe des tissus vasculaires endommagés classée comme aiguë ou chronique (PATRA *et al.*, 2017). Les processus inflammatoires et anti-inflammatoires impliquent de nombreuses molécules, dont la plupart sont des protéines (SAJID *et al.*, 2017). La dénaturation des protéines, avec la conséquence de perte leur activité biologique, est une cause bien documentée de l'inflammation (TLILI *et al.*, 2019).

L'activité anti-inflammatoire de PEPA est déterminée en utilisant le test d'inhibition de la dénaturation de l'albumine.

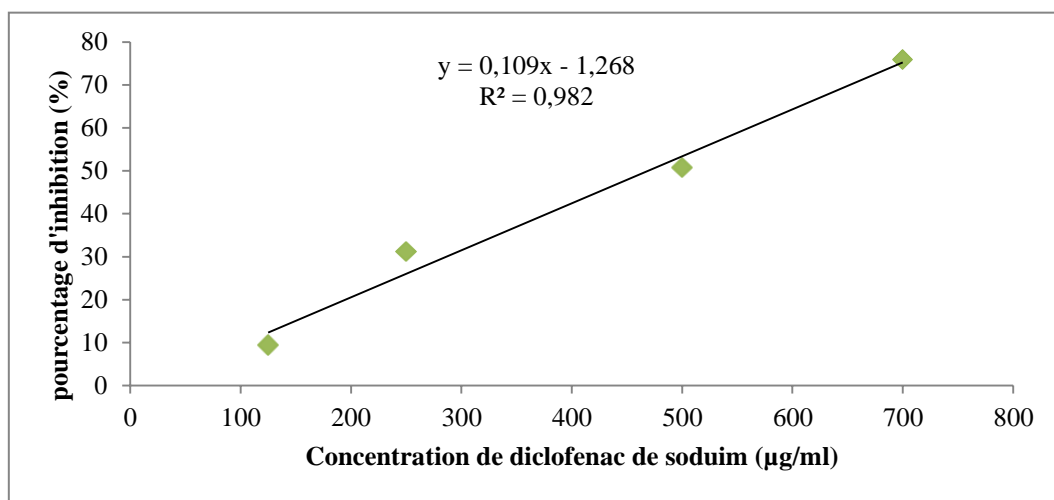


Figure 14.- Pourcentages d'inhibition de la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de diclofénac de sodium

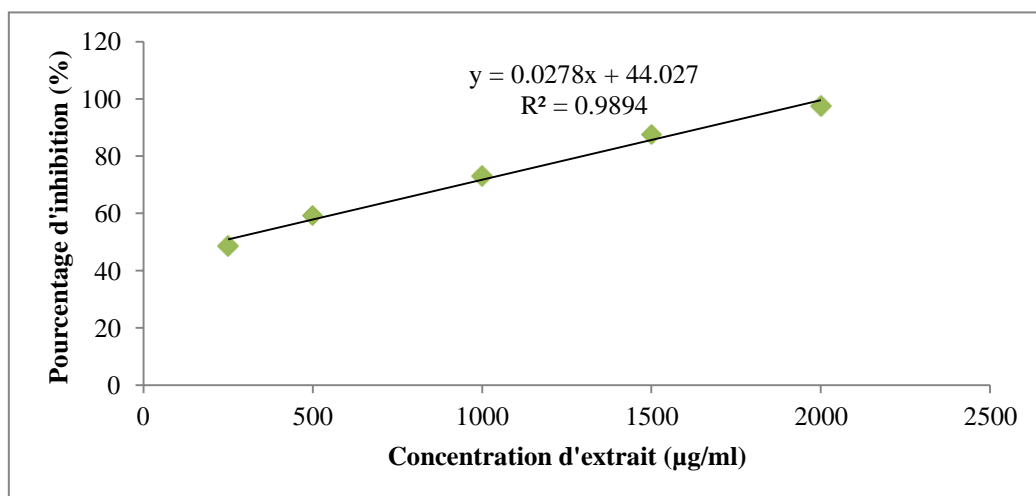


Figure 15.- Pourcentages d'inhibition de la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de PEPA

Le diclofenac de sodium a présenté une inhibition de la dénaturation de l'albumine de 9.33 à 75.94% pour des concentrations de 100 à 700 ($\mu\text{g/ml}$) respectivement (Fig. 14). Cependant, l'extrait a montré des pourcentages d'inhibition remarquables de 48.58 à 97.51% de la dénaturation de l'albumine pour des concentrations de 250 à 2000 ($\mu\text{g/ml}$) respectivement (Fig. 15).

Les valeurs des IC_{50} sont déterminées graphiquement par la régression linéaire.

Tableau 03.- Les valeurs d' IC_{50} d'inhibition de la dénaturation des protéines

IC_{50} de diclofenac de sodium	480 ($\mu\text{g/ml}$)
IC_{50} d'extrait polysaccharidique	275 ($\mu\text{g/ml}$)

La présente étude a démontré que PEPA note un fort potentiel pour l'inhibition de la dénaturation des protéines induite par la chaleur, avec une IC_{50} de 275 $\mu\text{g/ml}$ contre une IC_{50} de 480 $\mu\text{g/ml}$ de diclofénac de sodium.

La dénaturation des protéines est l'un des marqueurs fondamentaux de l'inflammation. Cette dénaturation implique souvent l'altération des liaisons hydrogène, électrostatique, hydrophobe et disulfure (ABBOU *et al.*, 2019 ; SAJID *et al.*, 2017). En plus, elle déclenche la formation d'antigènes en provoquant ainsi une hypersensibilité de type III qui aboutit à une inflammation. Donc, tout agent qui pourrait provoquer l'inhibition de la dénaturation des protéines aura un potentiel thérapeutique prometteur en tant qu'agent anti-inflammatoire (SANGEETHA *et al.*, 2019).

Le mécanisme exact de l'inhibition de la dénaturation des protéines n'est pas encore très bien connu. Pour la voie biologique globale, l'analyse par RMN BSA réalisée par des études ont montré que ce dernier contenait deux sites actifs avec les acides aminés thréonine, lysine et tyrosine auxquels les molécules bioactives peuvent se lier pour activer et réguler la transduction du signal (ABBOU *et al.*, 2019).

II.3.4.3.- Activité immunomodulatrice *in vivo*

Dans la présente étude, il est évalué l'effet de l'extrait polysaccharidique PEPA de *P. albicans* L. contre la cytotoxicité et les dommages induit par l'acétate de plomb.

Les figures (16-27) illustrent les résultats des analyses hématologiques des rats témoins et traités après 18 jours de traitement.

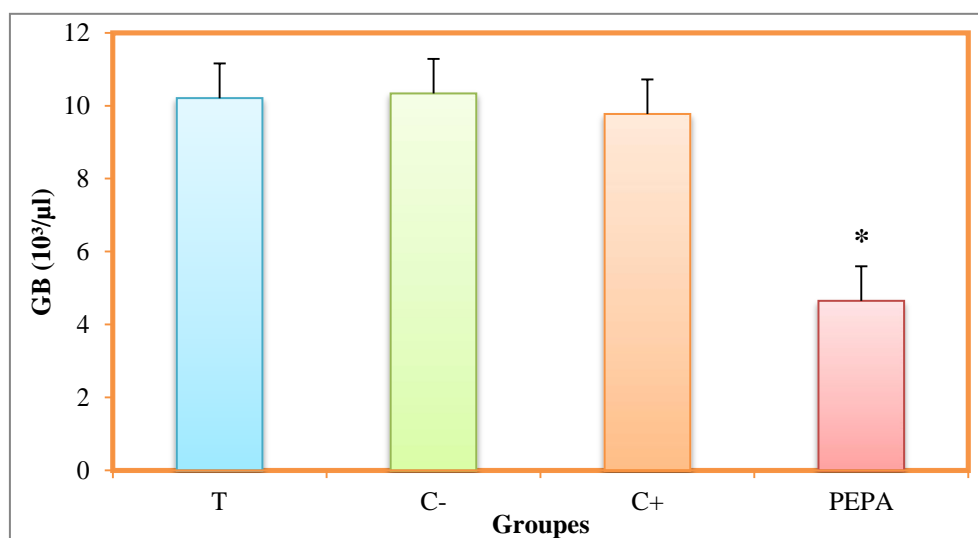


Figure 16.- Variations du nombre des globules blancs (10³μL) chez les rats mâles

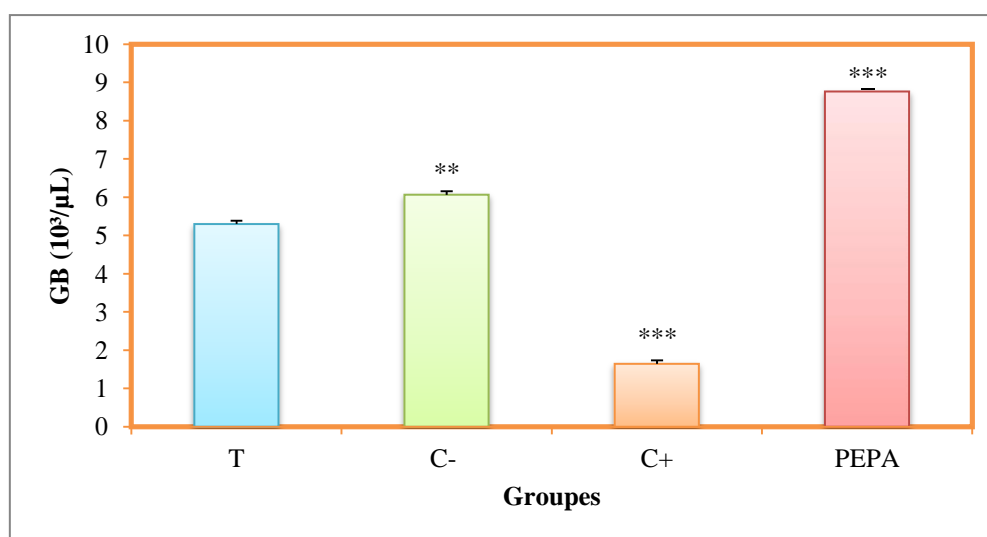


Figure 17.- Variations du nombre des globules blancs (10³μL) chez les rattes femelles

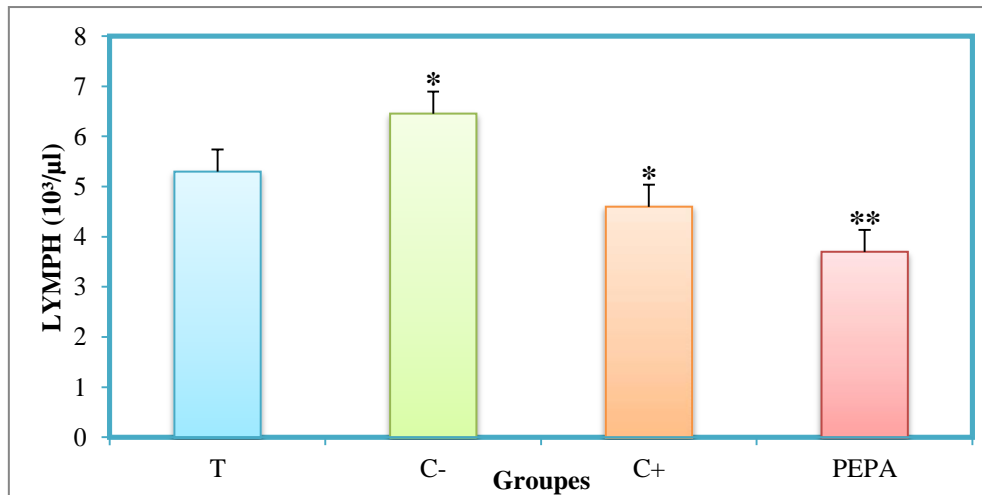


Figure 18.- Variations du nombre des lymphocytes (10³μL) chez les rats mâles

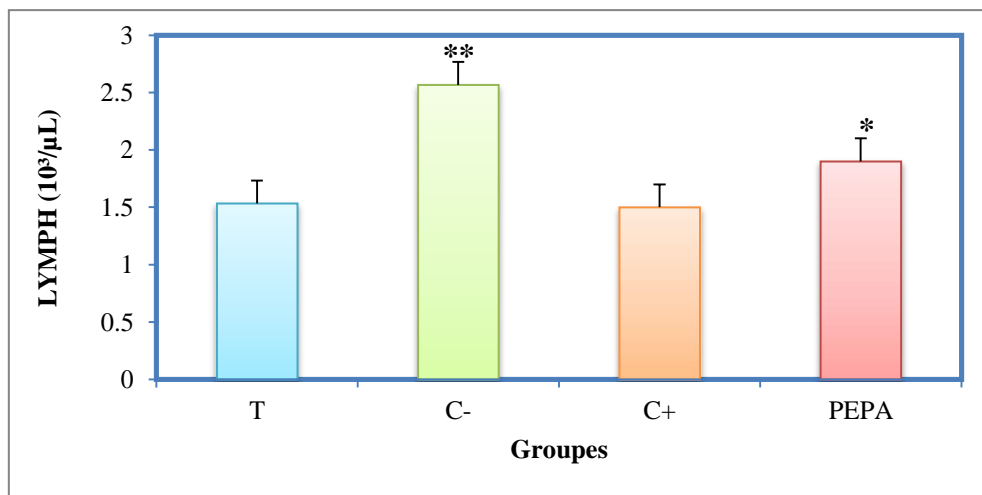


Figure 19.- Variations du nombre des lymphocytes (10³μL) chez les rattes femelles

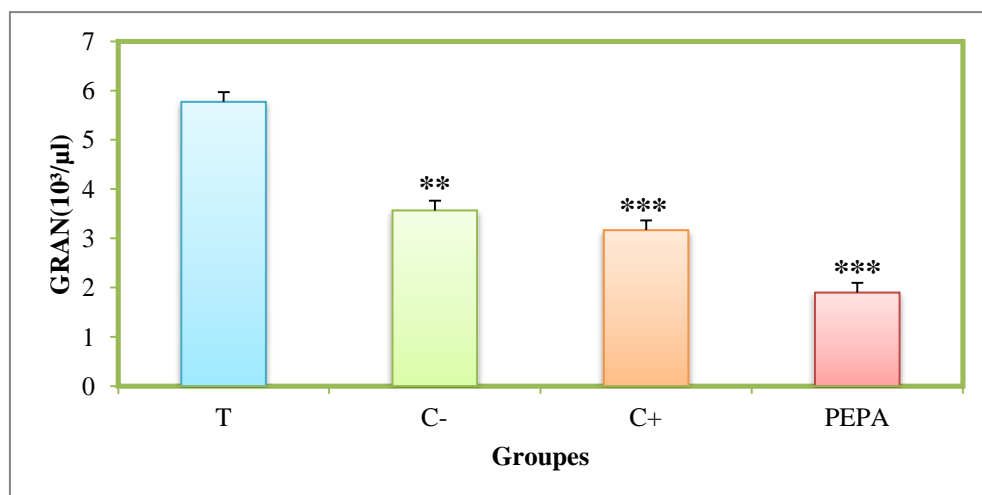


Figure 20.- Variations du nombre des granulocytes (10³μL) chez les rats mâles

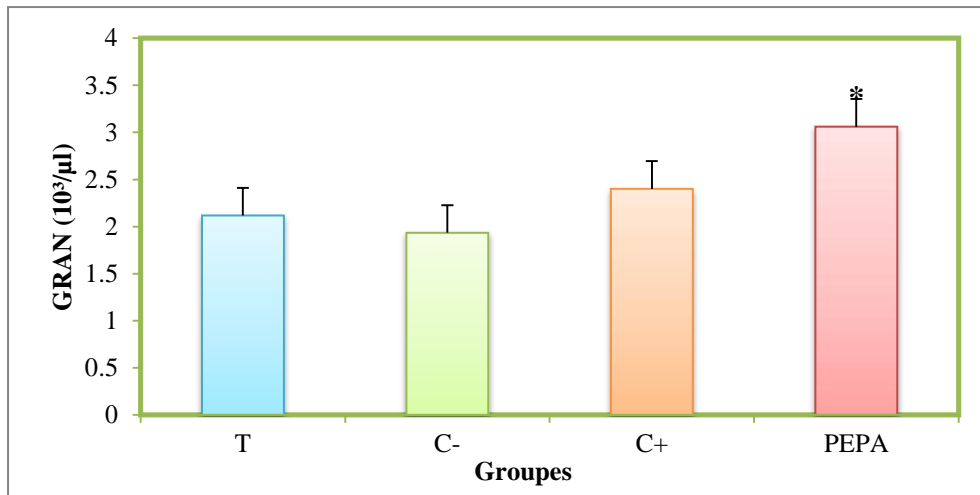


Figure 21.- Variations du nombre des granulocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rattes femelles

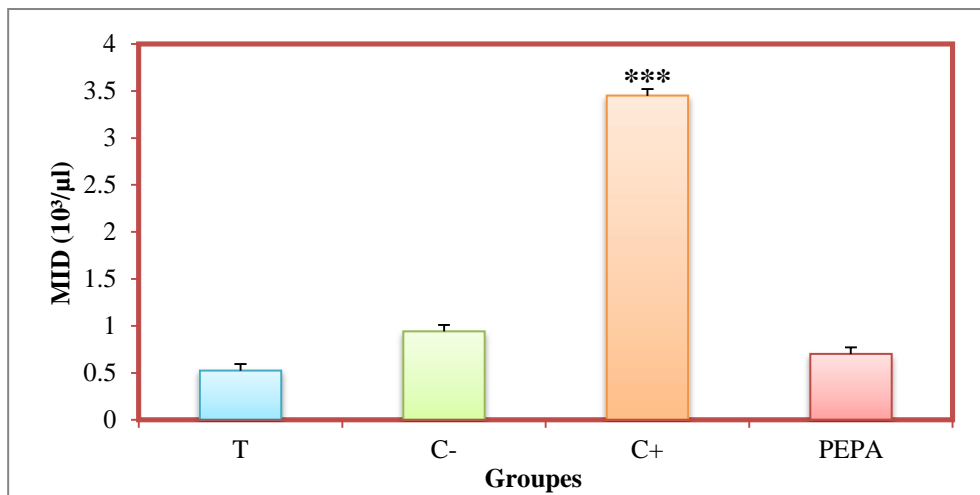


Figure 22.- Variations du nombre des monocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rats mâles

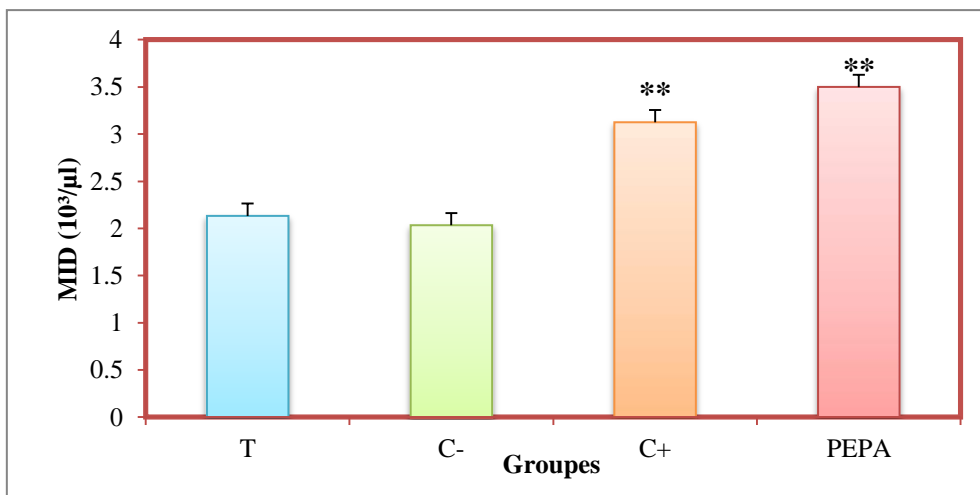


Figure 23.- Variations du nombre des monocytes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rattes femelles

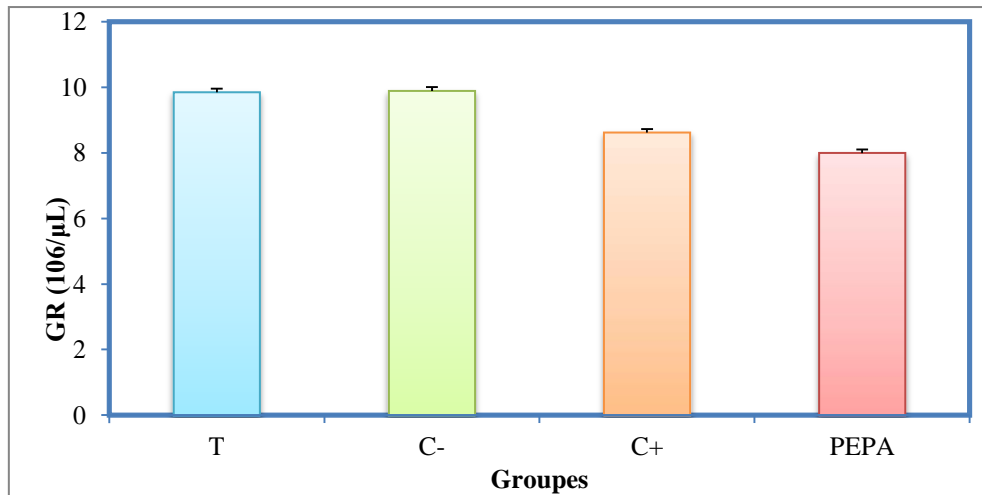


Figure 24.- Variations du nombre des globules rouges ($10^6\mu\text{L}$) chez les rats mâles

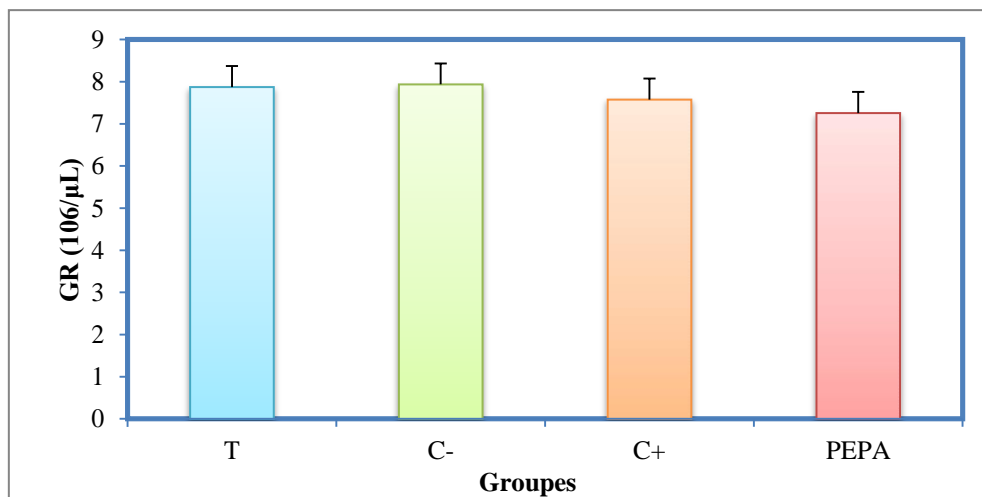


Figure 25.- Variations du nombre des globules rouges ($10^6\mu\text{L}$) chez les rattes femelles

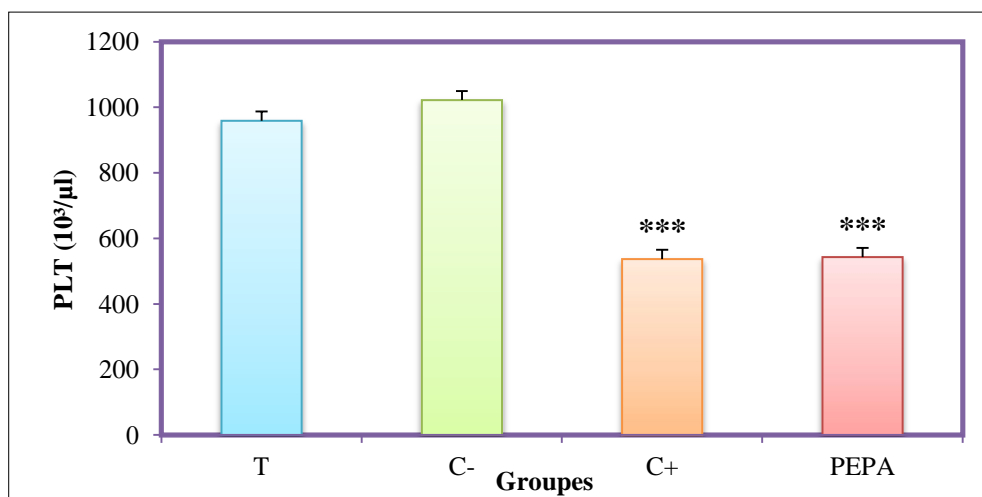


Figure 26.- Variations du nombre des plaquettes ($10^3\mu\text{L}$) chez les rats mâles

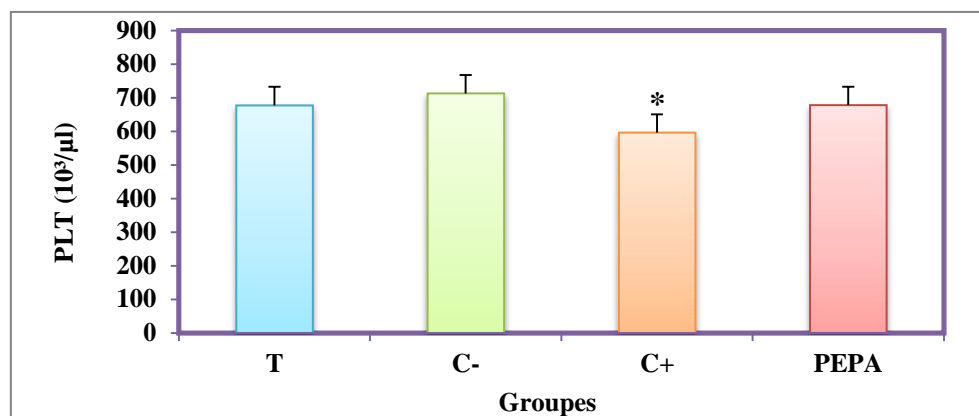


Figure 27.- Variations du nombre des plaquettes ($10^3/\mu\text{L}$) chez les rattes femelles

Les résultats ont montrés que, chez les rats males, l'administration d'acétate de plomb n'a provoqué pas des changements au niveau du nombre des globules rouges, des globules blancs, des monocytes et des plaquettes. Cependant, une augmentation significative des lymphocytes ($P \leq 0,05$) et une diminution significative des granulocytes ($P \leq 0,01$) sont enregistrées chez le groupe traité par l'acétate de plomb par rapport au groupe témoin. En plus, l'exposition de l'acétate de plomb chez les rattes femelles a provoqué une augmentation significative de nombre des globules blancs et des lymphocytes ($P \leq 0,01$).

Chez les rats males le traitement par la vit C avant l'exposition à l'acétate de plomb a provoqué une diminution significative des lymphocytes ($P \leq 0,05$), des granulocytes et des plaquettes ($P \leq 0,001$), avec une augmentation significative des monocytes ($P \leq 0,001$). Chez les rattes femelles traitées par la vit C, les résultats montrent une diminution significative des globules blancs ($P \leq 0,001$) et des plaquettes ($P \leq 0,05$) avec une augmentation significative des monocytes ($P \leq 0,001$).

Concernant les rats males traités par PEPA, les résultats montrent une diminution significative des globules blancs ($P \leq 0,05$), des lymphocytes ($P \leq 0,01$), des granulocytes et des plaquettes ($P \leq 0,001$). Par contre, chez les rattes femelles, les résultats montrent une augmentation significative des globules blancs ($P \leq 0,001$), des lymphocytes, des granulocytes ($P \leq 0,05$) et des monocytes ($P \leq 0,01$).

Les résultats du groupes exposées à l'acétate de plomb seulement (control -) n'ont montré aucun changement au niveau des globules rouges chez les deux sexes. Ces résultats peuvent être

expliqués par le fait que trois jours d'exposition à l'acétate de plomb n'est pas suffisant pour montrer la diminution des globules rouges. Selon l'étude de BERREDJEM (2016), il est indiqué que l'administration du plomb durant six semaines chez des rats males, provoque une augmentation importante du nombre des leucocytes pour le groupe traité par le plomb seul comparativement au groupe témoin tandis que chez les rattes femelles le plomb induit une diminution significative des globules rouges et d'hémoglobine.

DEWANJEE *et al.* (2013) ont trouvé que les paramètres hématologiques ont montré une réduction significative ($p < 0,01$) du nombre total d'érythrocytes après 40 jours de traitement avec l'acétate de plomb. En plus, ANDJELKOVIC *et al.* (2019) ont noté que le groupe exposé de plomb a affiché une diminution significative d'hématocrite, d'hémoglobine et des érythrocytes après 6 semaines par rapport aux valeurs obtenues du groupe témoin. En outre, SIMSEK *et al.* (2009) ont démontré que le nombre de globules rouges et de globules blancs ont significativement diminué dans les groupes intoxiqués par le plomb par rapport au groupe témoin ($p < 0,05$).

Les résultats de groupe (control -) ont montré une diminution significative des globules blancs chez les rattes femelles et aucun changement chez les rats males. Ces résultats sont similaire à ce que IBRAHIM *et al.* (2009) a trouvé, dont les paramètres hématologiques ne présentent aucune différence significative pour le nombre des globules blancs par rapport au contrôle.

La présente étude révèle que le PEPA a montré un effet sur les cellules immunitaires à la présence d'acétate de plomb chez les rattes femelles. Les résultats ont indiqué une augmentation de manière significative de nombre des globules blancs, des granulocytes, des lymphocytes et des monocytes par rapport au témoin. Contrairement, les résultats ont montré un effet inverse chez les rats males où il est noté une diminution significative des globules blancs, des granulocytes et des lymphocytes.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'un des principes actifs des plantes médicinales de point de vue structurel et fonctionnel, soit les polysaccharides. Après une extraction par macération à chaud avec de l'eau distillée des polysaccharides hydrosolubles issus des épis de la plante spontanée *Plantago albicans* L. de la famille Plantaginaceae, il est noté un rendement massique (PEPA) de 7.12 %.

L'analyse des compositions de la fraction PEPA est réalisée par différentes méthodes des dosages colorimétriques. D'après les résultats, l'extrait polysaccharidique contient de 79.5 % d'oses totaux, de 27.3 % d'oses neutres, de faibles teneurs en protéines, soit 5 % selon LOWRY et 15 % selon BRADFORD et d'une absence de composés phénoliques (0 %).

Concernant les activités biologiques recherchées, l'évaluation de l'activité antioxydante *in vitro* de l'extrait polysaccharidique par la méthode de piégeage de radical libre DPPH et la méthode de puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP) a montré une activité antioxydante faible de PEPA par rapport à l'acide ascorbique.

L'activité anti-inflammatoire *in vitro* de PEPA est testée par la méthode d'inhibition de la dénaturation des protéines. Les résultats indiquent que l'extrait polysaccharidique isolé présente un fort potentiel pour l'inhibition de la dénaturation des protéines avec un pourcentage d'inhibition de 97.51% pour la concentration de 2 mg/ml.

Par ailleurs, l'activité immunomodulatrice *in vivo* est évaluée sur des rates males et femelles de souche *Wistar albinos* intoxiqués par l'acétate de plomb. À la lumière des résultats obtenus, le prétraitement par PEPA chez les rattes femelles induit une augmentation significative de certains paramètres hématologique (GB, LYMPH, GRAN, MID), ce qui montre un effet immunostimulant de PEPA.

Perspectives

Pour l'obtention d'un rendement plus élevé d'extraction des polysaccharides, il est nécessaire d'optimiser les conditions d'extraction (température, temps et le nombre d'extraction, type et pourcentage d'alcool- ajouté au cours de la précipitation des polysaccharides).

A fin de déterminer la composition en oses constitutifs et la caractérisation structurale de l'extrait polysaccharidique obtenu, Il faut utiliser des méthodes avancées tel que la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC), la chromatographie en phase gazeuse (GC) couplée à la spectrométrie de masse (SM) et la résonance magnétique nucléaire (RMN).

Il est souhaitable d'utiliser des autres méthodes et/ou tests pour une meilleure évaluation des potentiels antioxydants et anti-inflammatoire de la fraction PEPA.

En fin une étude supplémentaire est nécessaire pour expliquer l'effet inverse de PEPA, dont une diminution des cellules immunitaires (globules blancs, granulocytes et lymphocytes) chez les rates males par rapport aux rattes femelles.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Abbou, A., Kadri, N., Debbache, N., Dairi, S., Remini, H., Dahmoune, F., ... Madani, K. (2019). Effect of precipitation solvent on some biological activities of polysaccharides from *Pinus halepensis* Mill. seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 663–670. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.08.266
- 2- Abu-Danso, E., Peräniemi, S., Leiviskä, T., Kim, T., Tripathi, K. M., & Bhatnagar, A. (2019). Synthesis of clay-cellulose biocomposite for the removal of toxic metal ions from aqueous medium. *Journal of Hazardous Materials*, 381, 120871. doi:10.1016/j.jhazmat.2019.120871
- 3- Addoun, N., Boual, Z., Delattre, C., Ursu, A. V., Desbrières, J., Le Cerf, D., ... Pierre, G. (2019). Structural features and rheological behavior of a water-soluble polysaccharide extracted from the seeds of *Plantago ciliata* Desf. *International Journal of Biological Macromolecules*. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.11.106
- 4- Adom, M. B., Taher, M., Mutalabisin, M. F., Amri, M. S., Abdul Kudos, M. B., Wan Sulaiman, M. W. A., ... Susanti, D. (2017). Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 96, 348–360. doi:10.1016/j.biopha.2017.09.152
- 5- Ahmad, N., & Zakaria, M. R. (2019). Oligosaccharide From Hemicellulose. *Lignocellulose for Future Bioeconomy*, 135–152. doi:10.1016/b978-0-12-816354-2.00008-6
- 6- Ahmad, S., Ahmad, M., Manzoor, K., Purwar, R., & Ikram, S. (2019). A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 870-890. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.06.113
- 7- Alabi, M. A., Muthusamy, A., Kabekkodu, S. P., Adebawo, O. O., & Satyamoorthy, K. (2020). Anticancer Properties of Recipes Derived from Nigeria and African Medicinal Plants on Breast Cancer Cells in Vitro. *Scientific African*, e00446. doi:10.1016/j.sciaf.2020.e00446
- 8- Alam, M. N., Bristi, N. J., & Rafiquzzaman, M. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2), 143–152. doi:10.1016/j.jsps.2012.05.002
- 9- Almasi, H., Azizi, S., & Amjadi, S. (2019). Development and characterization of pectin films activated by nanoemulsion and Pickering emulsion stabilized marjoram (*Origanum majorana* L.) essential oil. *Food Hydrocolloids*, 99, 105338. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105338

-
-
- 10- Aly, S. H., Elissawy, A. M., Eldahshan, O. A., Elshanawany, M. A., Efferth, T., & Singab, A. N. B. (2019). The pharmacology of the genus *Sophora* (Fabaceae): An updated review. *Phytomedicine*, 153070. doi:10.1016/j.phymed.2019.153070
 - 11- Amezouar, F., Badri, W., Hsaine, M., Bourhim, N., & Fougrach, H. (2013). Évaluation des activités antioxydante et anti-inflammatoire de *Erica arborea* L. du Maroc. *Pathologie Biologie*, 61(6), 254–258. doi:10.1016/j.patbio.2013.03.005
 - 12- Andjelkovic, M., Buha Djordjevic, A., Antonijevic, E., Antonijevic, B., Stanic, M., Kotur-Stevuljevic, J., ... Bulat, Z. (2019). Toxic Effect of Acute Cadmium and Lead Exposure in Rat Blood, Liver, and Kidney. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(2), 274. doi:10.3390/ijerph16020274
 - 13- Bahramzadeh, S., Tabarsa, M., You, S., Li, C., & Bitá, S. (2018). Purification, structural analysis and mechanism of murine macrophage cell activation by sulfated polysaccharides from *Cystoseira indica*. *Carbohydrate Polymers*, 205, 261-270
doi:10.1016/j.carbpol.2018.10.022
 - 14- Bajpai, P. (2020). Biomass composition. *Biomass to Energy Conversion Technologies*, 31–40. doi:10.1016/b978-0-12-818400-4.00004-9
 - 15- Bala, E., Singha, S., & Patra, S. (2019). Polysaccharides from leafy vegetables. *Natural Polysaccharides in Drug Delivery and Biomedical Applications*, 567–588. doi:10.1016/b978-0-12-817055-7.00025-x
 - 16- Banerjee, S., Patti, A. F., Ranganathan, V., & Arora, A. (2019). Hemicellulose based biorefinery from pineapple peel waste: Xylan extraction and its conversion into xylooligosaccharides. *Food and Bioproducts*, 117, 38-50. *Processing*. doi:10.1016/j.fbp.2019.06.012
 - 17- Barclay, T. G., Day, C. M., Petrovsky, N., & Garg, S. (2019). Review of polysaccharide particle-based functional drug delivery. *Carbohydrate Polymers*, 221, 94-112. doi:10.1016/j.carbpol.2019.05.067

- 18- BeMiller, J. N. (2019a). Pectins. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*, 303–312. doi:10.1016/b978-0-12-812069-9.00015-7
- 19- BeMiller, J. N. (2019b). Polysaccharides. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*, 75–101. doi:10.1016/b978-0-12-812069-9.00004-2
- 20- Benaoun, F. (2017). Caractérisation structurale et potentiel biologique des polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) et *Urginea noctiflora* Batt.Trab (Liliaceae). Thèse de doctorat, Université Kasdi-Merbah (Ouargla), 231p.
- 21- Berker, K. I., Güçlü, K., Tor, İ., & Apak, R. (2007). Comparative evaluation of Fe (III) reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents. *Talanta*, 72(3), 1157–1165. doi:10.1016/j.talanta.2007.01.019
- 22- Berredjem, R. (2016). Impact de la phytothérapie sur le rat Wistar exposé au plomb : Etude de la fonction rénale, hépatique et reproductive. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 134p.
- 23- Borah, P., & Banik, B. K. (2020). Medicinal plants and their compounds with anticancer properties. *Green Approaches in Medicinal Chemistry for Sustainable Drug Design*, 759–776. doi:10.1016/b978-0-12-817592-7.00023-
- 24- BOUALLALA, M., BRADAI, L., et ABID, M. (2014). Diversité et utilisation des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien dans la pharmacopée saharienne. Cas de la région du Souf. *Revue ElWahat pour les Recherches et les Etudes*, 7(2), 18 – 26.
- 25- Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technologie*, 9, 14-19.
- 26- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248–254. doi:10.1016/0003-2697(76)90527-3
- 27- Brian-Jaisson, F. (2014). Identification et caractérisation des exo-polymères de biofilms de bactéries marines. Thèse doctorat. Université de Toulon.
- 28- Busu, N. M., & Amonsou, E. O. (2018). Fractionation pH of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) protein impacts degree of complexation with gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 87, 653-660. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.08.044
- 29- Büyükköröglü, G., Dora, D. D., Özdemir, F., & Hızıl, C. (2018). Techniques for Protein Analysis. *Omics Technologies and Bio-Engineering*, 317–351. doi:10.1016/b978-0-12-804659-3.00015-4

- 30- Chakraborty, I., Sen, I. K., Mondal, S., Rout, D., Bhanja, S. K., Maity, G. N., & Maity, P. (2019). Bioactive polysaccharides from natural sources: A review on the antitumor and immunomodulating activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 22, 101425. doi:10.1016/j.bcab.2019.101425
- 31- Chen, L., Huang, G., & Hu, J. (2018). Preparation, deproteinization, characterisation, and antioxidant activity of polysaccharide from cucumber (*Cucumis sativus* L.). *International Journal of Biological Macromolecules*, 108, 408–411. doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.12.034
- 32- Chen, X., Zhang, H., Du, W., Qian, L., Xu, Y., Huang, Y., ... Yuan, J. (2019). Comparison of different extraction methods for polysaccharides from *Crataegus pinnatifida* Bunge. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 1011-1019. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.11.056
- 33- Chinsembu, K. C. (2018). Diabetes mellitus and nature's pharmacy of putative antidiabetic plants. *Journal of Herbal Medicine*, 15, 100230. doi:10.1016/j.hermed.2018.09.001
- 34- Chouana, T. (2017). Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'*Astragalus gombo bunge*. Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah d'Ouargla, 203p.
- 35- Claro, F. C., Matos, M., Jordão, C., Avelino, F., Lomonaco, D., & Esteves Magalhães, W. L. (2019). Enhanced microfibrillated cellulose-based film by controlling the hemicellulose content and MFC Rheology. *Carbohydrate Polymers*, 218, 307-314. doi:10.1016/j.carbpol.2019.04.089
- 36- Cortés-Camargo, S., Acuña-Avila, P. E., Rodríguez-Huezo, M. E., Román-Guerrero, A., Varela-Guerrero, V., & Pérez-Alonso, C. (2018). Effect of chia mucilage addition on oxidation and release kinetics of lemon essential oil microencapsulated using mesquite gum – Chia mucilage mixtures. *Food Research International*, 116, 1010-1019. doi:10.1016/j.foodres.2018.09.040
- 37- Da Silva Stefani, F., de Campo, C., Paese, K., Guterres, S. S., Costa, T. M. H., & Flores, S. H. (2018). Nanoencapsulation of linseed oil with chia mucilage as structuring material: Characterization, stability and enrichment of orange juice. *Food Research International*, 120, 872-879. doi:10.1016/j.foodres.2018.11.052
- 38- De Souza, A. G., Cesco, C. T., de Lima, G. F., Artifon, S. E. S., Rosa, D. dos S., & Paulino, A. T. (2019). Arabic gum-based composite hydrogels reinforced with eucalyptus and pinus residues for controlled phosphorus release. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140, 33-42. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.08.106
- 39- Derouiche, S. (2016). Effet de la supplémentation en zinc sur le statut du zinc et des aspects biochimiques chez des rats sains et diabétiques nourris avec un régime alimentaire riche en cuivre et calcium. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 181p.

- 40- Dewanjee, S., Sahu, R., Karmakar, S., & Gangopadhyay, M. (2013). Toxic effects of lead exposure in Wistar rats: Involvement of oxidative stress and the beneficial role of edible jute (*Corchorus olitorius*) leaves. *Food and Chemical Toxicology*, 55, 78–91. doi:10.1016/j.fct.2012.12.040
- 41- Dey, M., Das, M., Chowhan, A., & Giri, T. K. (2019). Breaking the barricade of oral chemotherapy through polysaccharide nanocarrier. *International Journal of Biological Macromolecule*, 130, 34-49. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.02.094
- 42- Di, J., Sun, Q., & Song, X. (2018). Laccase-TEMPO-mediated air oxidation of galactomannan for use as paper strengthening agent. *Carbohydrate Polymers*, 184, 94–99. doi:10.1016/j.carbpol.2017.12.050
- 43- Dinoro, J., Maher, M., Talebian, S., Jarfarkhani, M., Mehrali, M., Orive, G., ... Dolatshahi-Pirouz, A. (2019). Sulfated polysaccharide-based scaffolds for orthopaedic tissue engineering. *Biomaterials*, 214, 119214. doi:10.1016/j.biomaterials.2019.05.025
- 44- El Souda, S., Mohammed, R., Marzouk, M. M., Fahmy, M. A., Hassan, Z. M., & Farghaly, A. A. (2014). Antimutagenicity and phytoconstituents of Egyptian *Plantago albicans* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4, S946–S951. doi:10.1016/s2222-1808(14)60764-7
- 45- Fittolani, G., Seeberger, P. H., & Delbianco, M. (2019). Helical polysaccharides. *Peptide Science*, e24124. doi:10.1002/pep2.24124
- 46- García-Salcedo, Á. J., Torres-Vargas, O. L., del Real, A., Contreras-Jiménez, B., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2018). Pasting, viscoelastic, and physicochemical properties of chia (*Salvia hispanica* L .) flour and mucilage. *Food Structure*, 16, 59–66. doi:10.1016/j.foostr.2018.03.004
- 47- Gazer, M. H., & Shalabi, L. F. (2016). The role of pollen morphology in the identification and classification of *Plantago* (Plantaginaceae). *The Egyptian Society of Experimental Biology*, 10(2), 125 – 132, 10.5455/egyjebb.20160628055424
- 48- Ghaisas, M. M., Navghare, V. V., Takawale, A. R., Zope, V. S., & Deshpande, A. D. (2008). In-vitro antioxidant activity of *tectona grandis* linn. *Pharmacologyonline*, 3, 296-305. *Experimental Biology*, 10(2), 125 – 132.

- 49- Ghilissi, Z., Kallel, R., Krichen, F., Hakim, A., Zeghal, K., Boudawara, T., ... Sahnoun, Z. (2019). Polysaccharide from *Pimpinella anisum* seeds: Structural characterization, anti-inflammatory and laser burn wound healing in mice. *International Journal of Biological Macromolecules*. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.11.201
- 50- Gonçalves, S., & Romano, A. (2016). The medicinal potential of plants from the genus *Plantago* (Plantaginaceae). *Industrial Crops and Products*, 83, 213–226. doi:10.1016/j.indcrop.2015.12.038
- 51- Gong, L., Zhang, H., Niu, Y., Chen, L., Liu, J., Alaxi, S., ... Yu, L. (Lucy). (2015). A Novel Alkali Extractable Polysaccharide from *Plantago asiatic* L. Seeds and Its Radical-Scavenging and Bile Acid-Binding Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(2), 569–577. doi:10.1021/jf505909k
- 52- Guillouty, A. (2016). Plantes médicinales et antioxydants. Thèse doctorat, Université Toulouse III Paul Sabatier, 102p.
- 53- Hamdani, A. M., Wani, I. A., & Bhat, N. A. (2019). Sources, structure, properties and health benefits of plant gums: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 46-61. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.05.103
- 54- Han, N., Wang, L., Song, Z., Lin, J., Ye, C., Liu, Z., & Yin, J. (2016). Optimization and antioxidant activity of polysaccharides from *Plantago depressa*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 644–654. doi:10.1016/j.ijbiomac.2016.09.028
- 55- Hao, W., Wang, S., Zhao, J., & Li, S. (2020). Effects of extraction methods on immunology activity and chemical profiles of *Lycium barbarum* polysaccharides. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 185, 113219. doi:10.1016/j.jpba.2020.113219
- 56- Hasnaoui, A., Hdoufane, I., Alahyane, A., Nayad, A., Cherqaoui, D., Ait Ali, M., & El Firdoussi, L. (2019). Di- μ -oxidovanadium (V) di-nuclear complexes: Synthesis, X-ray, DFT modeling, Hirshfeld surface analysis and Antioxidant activity. *Inorganica Chimica Acta*, 501, 119276. doi:10.1016/j.ica.2019.119276
- 57- He, X., Fang, J., Guo, Q., Wang, M., Li, Y., Meng, Y., & Huang, L. (2019). Advances in antiviral polysaccharides derived from edible and medicinal plants and mushrooms. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115548. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115548
- 58- Hu, B., Han, L., Kong, H., Nishinari, K., Phillips, G. O., Yang, J., & Fang, Y. (2018). Preparation and emulsifying properties of trace elements fortified gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 88, 43-49. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.09.027
- 59- Hu, J.-L., Nie, S.-P., & Xie, M.-Y. (2013b). High pressure homogenization increases antioxidant capacity and short-chain fatty acid yield of polysaccharide from seeds of

- Plantago asiatica* L. *Food Chemistry*, 138(4), 2338–2345. doi:10.1016/j.foodchem.2012.12.016
- 60- Hu, J.-L., Nie, S.-P., Li, C., & Xie, M.-Y. (2013a). In vitro fermentation of polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. by human fecal microbiota. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 384–392. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.04.006
- 61- Hu, Z., Niu, Y., Liu, J., Li, Y., Yu, L. (Lucy), Zhang, H., & Xu, Y. (2016). Immunomodulation activity of alkali extract polysaccharide from *Plantago asiatic* L. seeds. *RSC Advances*, 6(80), 76312–76317. doi:10.1039/c6ra09400g
- 62- Ibrahim, N. M., Eweis, E. A., El-Beltagi, H. S., & Abdel-Mobdy, Y. E. (2012). Effect of lead acetate toxicity on experimental male albino rat. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), 41–46. doi:10.1016/s2221-1691(11)60187-1
- 63- Imre, B., García, L., Puglia, D., & Vilaplana, F. (2018). Reactive Compatibilization of Plant Polysaccharides and Biobased Polymers: Review on Current Strategies, Expectations and Reality. *Carbohydrate Polymers*, 209, 20-37. doi:10.1016/j.carbpol.2018.12.082
- 64- Ji, X., Hou, C., & Guo, X. (2019). Physicochemical properties, structures, bioactivities and future prospective for polysaccharides from *Plantago* L. (Plantaginaceae): A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 637-646. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.05.211
- 65- Jridi, M., Nasri, R., Marzougui, Z., Abdelhedi, O., Hamdi, M., & Nasri, M. (2019). Characterization and assessment of antioxidant and antibacterial activities of sulfated polysaccharides extracted from cuttlefish skin and muscle. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 1221-1228. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.11.170
- 66- Kada , S. (2018). Recherche d'extraits de plantes médicinales doués d'activités biologiques. Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 172p.
- 67- Kakar, M. U., Naveed, M., Saeed, M., Zhao, S., Rasheed, M., Firdos, S., ... Dai, R. (2020). A review on structure, extraction, and biological activities of polysaccharides isolated from *Cyclocarya paliurus* (Batalin) Iljinskaja. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 420-429. doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.04.022
- 68- Kanjekar , A. P., Aruna L. H., & Londonkar, R. L. (2017). Novel evaluation of In vitro Anti-inflammatory and Free Radical Scavenging activities of *Ficus krishnae*. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 8(6), 48-54.
- 69- Kendur, U., Chimmalagi, G. H., Patil, S. M., Gudasi, K. B., Frampton, C. S., Mangannavar, C. V., & Muchchandi, I. S. (2018). Mononuclear late first row transition metal complexes of ONO donor hydrazone ligand: Synthesis, characterization, crystallographic insight, in vivo

- and in vitro anti-inflammatory activity. *Journal of Molecular Structure*, 1153, 299–310. doi:10.1016/j.molstruc.2017.10.022
- 70- Koh, J., Xu, Z., & Wicker, L. (2019). Blueberry Pectin and Increased Anthocyanins Stability Under In Vitro Digestion. *Food Chemistry*, 302, 125343. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125343
- 71- Kontogiorgos, V. (2019). Polysaccharides at fluid interfaces of food systems. *Advances in Colloid and Interface Science*, 270, 28-37. doi:10.1016/j.cis.2019.05.008
- 72- Kwon, W., Kim, Y., Park, C.-H., & Park, J. (2019). The complete chloroplast genome sequence of traditional medical herb, *Plantago depressa* Willd. (Plantaginaceae). *Mitochondrial DNA Part B*, 4(1), 437–438. doi:10.1080/23802359.2018.1553530
- 73- Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2019). Hydrolysis: From cellulose and hemicellulose to simple sugars. *Second and Third Generation of Feedstocks*, 213–240. doi:10.1016/b978-0-12-815162-4.00008-2
- 74- Lebas, G. (2012). Etude du métabolisme carboné et azoté de *Miscanthus x giganteus*. Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, 218p.
- 75- Lei, Z., Wang, S., Fu, H., Gao, W., Wang, B., Zeng, J., & Xu, J. (2019). Thermal pyrolysis characteristics and kinetics of hemicellulose isolated from *Camellia Oleifera* Shell. *Bioresource Technology*, 282, 228-235. doi:10.1016/j.biortech.2019.02.131
- 76- Li, H., Qi, Y., Zhao, Y., Chi, J., & Cheng, S. (2019a). Starch and its derivatives for paper coatings: A review. *Progress in Organic Coatings*, 135, 213–227. doi:10.1016/j.porgcoat.2019.05.015
- 77- Li, J., Zhao, H., Hu, X., Shi, J., Shao, D., & Jin, M. (2019b). Antidiabetic effects of different polysaccharide fractions from *Artemisia sphaerocephala* Krasch seeds in db/db mice. *Food Hydrocolloids*, 91, 1–9. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.01.002
- 78- Lim, J., & Pullicin, A. J. (2019). Oral carbohydrate sensing: Beyond sweet taste. *Physiology & Behavior*, 202, 14-25. doi:10.1016/j.physbeh.2019.01.021
- 79- Liu, X., Luan, S., & Li, W. (2019). Utilization of waste hemicelluloses lye for superabsorbent hydrogel synthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 954-962. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.04.041
- 80- Lopez-Sanchez, P., Martinez-Sanz, M., Bonilla, M. R., Sonni, F., Gilbert, E. P., & Gidley, M. J. (2019). Nanostructure and poroviscoelasticity in cell wall materials from onion, carrot and apple: Roles of pectin. *Food Hydrocolloids*, 98, 105253. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105253
- 81- Lowry O. H., Rosebroughn, J., FARR, L., & RANDALL R, J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 193, 265-275.

- 82- Lu, X., Chen, J., Guo, Z., Zheng, Y., Rea, M. C., Su, H., ... Miao, S. (2019). Using polysaccharides for the enhancement of functionality of foods: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 311-327. doi:10.1016/j.tifs.2019.02.024
- 83- Lukova, P., Karcheva-Bahchevanska, D., Dimitrovadyulgerova, I., Katsarov, P., Mladenov, R., Iliev, I., & Nikolova, M. (2018). A comparative pharmacognostic study and assesment of antioxidant capacity of three species from plantago genus. *Farmacía*, 66, 4, doi : 10.31925/farmacía.2018.4.8.
- 84- Lukova, P., Karcheva-Bahchevanska, D., Nikolova, M., , Ilia, N., Iliev, I., 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*, 49, 282– 288
- 85- Lukova, P., Nikolova, M., Petit, E., Elboutachfai, R., Vasileva, T., Katsarov, P., ... Delattre, C. (2020). Prebiotic Activity of Poly- and Oligosaccharides Obtained from *Plantago major* L. Leaves. *Applied Sciences*, 10(8), 2648. doi:10.3390/app10082648
- 86- Luo, M., Cao, Y., Wang, W., Chen, X., Cai, J., Wang, L., & Xiao, J. (2018). Sustained-release antimicrobial gelatin film: Effect of chia mucilage on physicochemical and antimicrobial properties. *Food Hydrocolloids*, 87, 783-791. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.09.010
- 87- Madi, A. (2018). Caractérisation phytochimique et évaluation des activités biologiques de *Cleome arabica*. Thèse de doctrorat, Université des Freres Mentouri de Constantine 1, 157p.
- 88- Maji, B. (2019). Introduction to natural polysaccharides. *Functional Polysaccharides for Biomedical Applications*, 1–31. doi:10.1016/b978-0-08-102555-0.00001-7
- 89- Martín Ortega, A. M., & Segura Campos, M. R. (2019). Medicinal Plants and Their Bioactive Metabolites in Cancer Prevention and Treatment. *Bioactive Compounds*, 85–109. doi:10.1016/b978-0-12-814774-0.00005-0
- 90- MEHELLOU Z.,2015- Caractérisation partielle et activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles issus de deux plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est algérien. Thèse de Magister, Université Kasdi Merbah d'Ouargla, 170p.

- 91- Mikkonen, K. S., Kirjoranta, S., Xu, C., Hemming, J., Pranovich, A., Bhattarai, M., ... Willför, S. (2019). Environmentally-compatible alkyd paints stabilized by wood hemicelluloses. *Industrial Crops and Products*, 133, 212–220. doi:10.1016/j.indcrop.2019.03.017
- 92- Milani, J. M., Emam-Djomeh, Z., Rezaee, K., Safari, M., Gunbarzadeh, B., & Gunasekaran, S. (2007). Extraction and Physicochemical Properties of Barijeh (*Ferula galbaniflua*) Gum. *International Journal of Agriculture & Biology*, 9(1), 80-83.
- 93- Mirzadeh, M., Arianejad, M. R., & Khedmat, L. (2019). *Antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities of polysaccharides obtained by microwave-assisted extraction method: A review. Carbohydrate Polymers*, 229, 115421. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115421
- 94- Monsigny, M., Petit, C., & Roche, A.-C. (1988). Colorimetric determination of neutral sugars by a resorcinol sulfuric acid micromethod. *Analytical Biochemistry*, 175(2), 525–530. doi:10.1016/0003-2697(88)90578-7
- 95- Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., & Tamendjari, A. (2016). Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88, 85–90. doi:10.1016/j.indcrop.2016.02.033
- 96- Musa, Y., & Bwatanglang, I. B. (2020). *Current role and future developments of biopolymers in green and sustainable chemistry and catalysis. Sustainable Nanocellulose and Nanohydrogels from Natural Sources*, 131–154. doi:10.1016/b978-0-12-816789-2.00006-7
- 97- Mwene-Mbeja, T. M., Dufour, A., Lecka, J., Kaur, B. S., & Vaneckhaute, C. (2019). Enzymatic reactions in the production of biomethane from organic waste. *Enzyme and Microbial Technology*, 132,109410. doi:10.1016/j.enzmictec.2019.109410
- 98- Mzoughi, Z., Souid, G., Timoumi, R., Le Cerf, D., & Majdoub, H. (2019). Partial characterization of the edible *Spinacia oleracea* polysaccharides: Cytoprotective and antioxidant potentials against Cd induced toxicity in HCT116 and HEK293 cells. *International Journal of Biological Macromolecule*. 136, 332-340. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.06.089
- 99- Nie, S., Cui, S. W., & Xie, M. (2018). Psyllium Polysaccharide. *Bioactive Polysaccharides*, 395–443. doi:10.1016/b978-0-12-809418-1.00008-3
- 100- Ozbek, H., Erten, R., Oner, A., Cengiz, N., Yilmaz, O., & Turel, I. (2009). Hepatoprotective and anti-inflammatory activities of *Plantago major* L. *Indian Journal of Pharmacology*, 41(3), 120. doi:10.4103/0253-7613.55211

- 101-Ozenda, P. (1977). Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 409 p.
- 102-Patel, M. K., Tanna, B., Gupta, H., Mishra, A., & Jha, B. (2019). Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata Forssk*) husk and seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 190-201. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.04.062
- 103-Patel, M. K., Tanna, B., Gupta, H., Mishra, A., & Jha, B. (2019). Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata Forssk*) husk and seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 190-201. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.04.062
- 104-Patel, M. K., Tanna, B., Mishra, A., & Jha, B. (2018). Physicochemical characterization, antioxidant and anti-proliferative activities of a polysaccharide extracted from psyllium (*P. ovata*) leaves. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 976–987. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.06.139
- 105-Patra, S., Muthuraman, M. S., Meenu, M., Priya, P., & Pemaiah, B. (2016). Anti-inflammatory effects of royal poinciana through inhibition of toll-like receptor 4 signaling pathway. *International Immunopharmacology*, 34, 199–211. doi:10.1016/j.intimp.2016.02.027
- 106-Pedrosa Silva Clerici, M. T., Sampaio, U. M., & Schmiele, M. (2019). Identification and Analysis of Starch. *Starches for Food Application*, 23–69. doi:10.1016/b978-0-12-809440-2.00002-2
- 107-Punia, S., & Dhull, S. B. (2019). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) mucilage (a heteropolysaccharide): Thermal, pasting, rheological behaviour and its utilization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140, 1084-1090. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.08.205
- 108-QUEZEL, P., & SANTA S., 1962-1963- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS Paris. Vol. 1 et 2, 864 p.
- 109-Rajabi, H., Mahdi jafari, S., Rajabzadeh, G., Sarfarazi, M., & Sedaghati, S. (2019). Chitosan-gum Arabic complex nanocarriers for encapsulation of saffron bioactive components. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 578, 123644. doi:10.1016/j.colsurfa.2019.123644
- 110-Rashid, F., Hussain, S., & Ahmed, Z. (2018). Extraction purification and characterization of galactomannan from fenugreek for industrial utilization. *Carbohydrate Polymers*, 180, 88–95. doi:10.1016/j.carbpol.2017.10.025

- 111-Rehman, S., Nabi, B., Baboota, S., & Ali, J. (2019). Natural anti-inflammatory agents for the management of osteoarthritis. *Discovery and Development of Anti-Inflammatory Agents from Natural Products*, 101–140. doi:10.1016/b978-0-12-816992-6.00004-8
- 112-Rodriguez-Canto, W., Chel-Guerrero, L., Fernandez, V. V. A., & Aguilar-Vega, M. (2018). Delonix regia Galactomannan hydrolysates: Rheological behavior and physicochemical characterization. *Carbohydrate Polymers*, 206, 573-582. doi:10.1016/j.carbpol.2018.11.028
- 113-Rossi, G., Capitani, L., Cecilian, F., Restelli, L., & Paltrinieri, S. (2013). Hyposialylated α 1-acid glycoprotein inhibits phagocytosis of feline neutrophils. *Research in Veterinary Science*, 95(2), 465–471. doi:10.1016/j.rvsc.2013.04.026
- 114-Rousi, Z., Malhiac, C., Fatouros, D. G., & Paraskevop, A. (2019). Complex coacervates formation between gelatin and gum Arabic with different arabinogalactan protein fraction content and their characterization. *Food Hydrocolloids*, 96, 577-588. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.06.009
- 115-Ruiz, G. (2005). Extraction, détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouges. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 256p.
- 116-Sabater, C., Sabater, V., Olano, A., Montilla, A., & Corzo, N. (2019). Ultrasound-assisted extraction of pectin from artichoke by-products. An artificial neural network approach to pectin characterisation. *Food Hydrocolloids*, 98, 105238. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105238
- 117-Sajid, M., Khan, M. R., Shah, S. A., Majid, M., Ismail, H., Maryam, S., ... Younis, T. (2017). Investigations on anti-inflammatory and analgesic activities of *Alnus nitida* Spach (Endl) stem bark in Sprague Dawley rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 407–416. doi:10.1016/j.jep.2017.01.041
- 118-Saka, S., Bahi, A., & Aouacheri, W. (2011). The effect of oxidative stress induced by lead acetate on the glutathione enzymatic system in rats *Ann Toxicol Anal*, 23(3), 139-145. doi: 10.1051/ata/2011123
- 119-Salama, A. (2019). Cellulose/calcium phosphate hybrids: New materials for biomedical and environmental applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127, 606-617 doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.01.130
- 120-Salama, A., Shukry, N., & Guarino, V. (2020). Polysaccharide-based hybrid materials for molecular release applications. *Nanostructured Biomaterials for Regenerative Medicine*, 165–201. doi:10.1016/b978-0-08-102594-9.00006-1

- 121-Sangeetha, R., & Arulpandi, I. (2019). Anti-inflammatory activity of a serine protease produced from *Bacillus pumilus* SG2. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 101162. doi:10.1016/j.bcab.2019.101162
- 122-Šarić-Kundalić, B., Dobeš, C., Klatte-Asselmeyer, V., & Saukel, J. (2010). Ethnobotanical study on medicinal use of wild and cultivated plants in middle, south and west Bosnia and Herzegovina. *Journal of Ethnopharmacology*, 131(1), 33– 55. doi:10.1016/j.jep.2010.05.061
- 123-Seyfi, R., Reza Kasaai, M., & Javad Chaichi, M. (2018). Isolation and structural characterization of a polysaccharide derived from a local gum: Zedo (*Amygdalus scoparia* Spach). *Food Hydrocolloids*, 87, 915-924. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.09.017
- 124-Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). *Measurement of antioxidant activity*. *Journal of Functional Foods*, 18, 757–781. doi:10.1016/j.jff.2015.01.047
- 125-Sharkawy, A., Barreiro, M. F., & Rodrigues, A. E. (2019). Preparation of chitosan/gum Arabic nanoparticles and their use as novel stabilizers in oil/water Pickering emulsions. *Carbohydrate Polymers*, 224, 115190. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115190
- 126-Shen, C.-H. (2019). Quantification and Analysis of Proteins. *Diagnostic Molecular Biology*, 187–214. doi:10.1016/b978-0-12-802823-0.00008-0
- 127-Shi, Z., Jia, C., Wang, D., Deng, J., Xu, G., Wu, C., ... Guo, Z. (2019). Synthesis and characterization of porous tree gum grafted copolymer derived from *Prunus cerasifera* gum polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133, 964-970. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.04.128
- 128-Simsek, N., Karadeniz, A., Kalkan, Y., Keles, O. N., & Unal, B. (2009). *Spirulina platensis* feeding inhibited the anemia- and leucopenia-induced lead and cadmium in rats. *Journal of Hazardous Materials*, 164(2-3), 1304–1309. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.09.041
- 129-Singh, B., & Singh, B. (2019). Developing a drug delivery carrier from natural polysaccharide exudate gum by graft-copolymerization reaction using high energy radiations. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127, 450-459. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.01.075
- 130-Slavov, A., Denev, P., Panchev, I., Shikov, V., Nenov, N., Yantcheva, N., & Vasileva, I. (2017). Combined recovery of polysaccharides and polyphenols from *Rosa damascena* wastes. *Industrial Crops and Products*, 100, 85–94. doi:10.1016/j.indcrop.2017.02.017
- 131-Song, Q., Jiang, L., Yang, X., Huang, L., Yu, Y., Yu, Q., ... Xie, J. (2019). Physicochemical and functional properties of a water-soluble polysaccharide extracted from Mung bean (*Vigna radiate* L.) and its antioxidant activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 138, 874-880. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.07.167

- 132-Sun, M., Li, Y., Wang, T., Sun, Y., Xu, X., & Zhang, Z. (2018). Isolation, fine structure and morphology studies of galactomannan from endosperm of *Gleditsia japonica* var. *delavayi*. *Carbohydrate Polymers*, 184, 127–134. doi:10.1016/j.carbpol.2017.12.003
- 133-Tabarsa, M., You, S., Dabaghian, E. H., & Surayot, U. (2018). Water-soluble polysaccharides from *Ulva intestinalis*: Molecular properties, structural elucidation and immunomodulatory activities. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(2), 599–608. doi:10.1016/j.jfda.2017.07.016
- 134-Tabarsa, M., You, S., Yelithao, K., Palanisamy, S., Prabhu, N. M., & Nan, M. (2019). Isolation, structural elucidation and immuno-stimulatory properties of polysaccharides from *Cuminum cyminum*, *Carbohydrate Polymers*, 230, 115636. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115636
- 135- Tabasum, S., Younas, M., Zaeem, M. A., Majeed, I., Majeed, M., Noreen, A., ... Zia, K. M. (2018). A review on blending of corn starch with natural and synthetic polymers, and inorganic nanoparticles with mathematical modeling. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 969-996. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.10.092
- 136-Tahir, H. E., Xiaobo, Z., Mahunu, G. K., Arslan, M., Abdalhai, M., & Zhihua, L. (2019). Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. *Carbohydrate Polymers*, 224, 115141. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115141
- 137-Talbi, H., Boumaza, A., El-mostafa , K., Talbi, J., et Hilali, A. (2015). Evaluation de l'activité antioxydante et la composition physico-chimique des extraits méthanolique et aqueux de la *Nigella sativa* L. (Evaluation of antioxidant activity and physico-chemical composition of methanolic and aqueous extracts of *Nigella sativa* L.). *JMESCN*, 6(4), 1111-1117.
- 138-Tamargo, A., Cueva, C., Laguna, L., Moreno-Arribas, M. V., & Muñoz, L. A. (2018). Understanding the impact of chia seed mucilage on human gut microbiota by using the dynamic gastrointestinal model simgi®. *Journal of Functional Foods*, 50, 104– 111. doi:10.1016/j.jff.2018.09.028
- 139-Tasneem, S., Liu, B., Li, B., Choudhary, M. I., & Wang, W. (2018). Molecular pharmacology of inflammation: Medicinal plants as anti-inflammatory agents. *Pharmacological Research*, 139, 126-140. doi:10.1016/j.phrs.2018.11.001
- 140-Tchobanian, A., Van Oosterwyck, H., & Fardim, P. (2018). Polysaccharides for Tissue Engineering: Current Landscape and Future Prospects. *Carbohydrate Polymers*, 205, 601-625. doi:10.1016/j.carbpol.2018.10.039

- 141-Terrett, O. M., & Dupree, P. (2019). Covalent interactions between lignin and hemicelluloses in plant secondary cell walls. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 97–104. doi:10.1016/j.copbio.2018.10.010
- 142-Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P., & Vuong, Q. V. (2019). Starch-based films: Major factors affecting their properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 1079-1089. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190
- 143-Tinkov, A. A., Nemereshina, O. N., Popova, E. V., Polyakova, V. S., Gritsenko, V. A., & Nikonorov, A. A. (2013). Plantago maxima leaves extract inhibits adipogenic action of a high-fat diet in female Wistar rats. *European Journal of Nutrition*, 53(3), 831–842. doi:10.1007/s00394-013-0587-6
- 144-Tlili, H., Hanen, N., Ben Arfa, A., Neffati, M., Boubakri, A., Buonocore, D., ... Doria, E. (2019). Biochemical profile and in vitro biological activities of extracts from seven folk medicinal plants growing wild in southern Tunisia. *PLOS ONE*, 14(9), e0213049. doi:10.1371/journal.pone.0213049
- 145-Tukappa NK, A., londonkar, R. L., Kumar CB, S., & Nayaka, H. B. (2015). Evaluation of in vitro and in vivo anti-inflammatory and toxicity studies of methanolic extract of *Rumex vesicarius* Linn. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 15(2), 113–121. doi:10.1007/s13596-015-0180-z
- 146 Tutel, B., Kandemir, I., Kuf, S., & Kence, A. (2005). Classification of Turkish Plantago L. Species Using Numerical Taxonomy. *TÜBITAK*, 29, 51-61.
- 147-Van Wyk, A. S., & Prinsloo, G. (2018). Medicinal plant harvesting, sustainability and cultivation in South Africa. *Biological Conservation*, 227, 335–342. doi:10.1016/j.biocon.2018.09.018
- 148-Vuillemin, M. E., Michaux, F., Muniglia, L., Linder, M., & Jasniewski, J. (2019). Gum Arabic and chitosan self-assembly: Thermodynamic and mechanism aspects. *Food Hydrocolloids*, 96, 463-474. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.05.048
- 149 Wang, K., Wang, B., Hu, R., Zhao, X., Li, H., Zhou, G., ... Wu, A. (2019a). Characterization of hemicelluloses in *Phyllostachys edulis* (moso bamboo) Culm during Xylogenesis. *Carbohydrate Polymers*, 221, 127-136. doi:10.1016/j.carbpol.2019.05.088
- 150-Wang, Q., Wu, X., Shi, F., & Liu, Y. (2019c). Comparison of antidiabetic effects of saponins and polysaccharides from *Momordica charantia* L. in STZ-induced type 2 diabetic mice. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109, 744–750. doi:10.1016/j.biopha.2018.09.098

- 151-Wang, R., Liang, R., Dai, T., Chen, J., Shuai, X., & Liu, C. (2019b). Pectin-based adsorbents for heavy metal ions: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 319- 329. doi:10.1016/j.tifs.2019.07.033
- 152-Wang, Z., Lu, C., Wu, C., Xu, M., Kou, X., Kong, D., & Jing, G. (2014). Polysaccharide of *Boschniakia rossica* induces apoptosis on laryngeal carcinoma Hep2 cells. *Gene*, 536(1), 203–206. doi:10.1016/j.gene.2013.11.090
- 153-Xia, L., Deji, Zhu, M., Lu, Y., & Chen, D. (2019). *Juniperus pingii* var. *wilsonii* acidic polysaccharide: extraction, characterization and anticomplement activity. *Carbohydrate Polymers*, 231, 115728. doi:10.1016/j.carbpol.2019.115728
- 154-Xu, T., Gao, C., Feng, X., Yang, Y., Shen, X., & Tang, X. (2019b). Structure, physical and antioxidant properties of chitosan-gum arabic edible films incorporated with cinnamon essential oil. *International Journal of Biological Macromolecule*, 134, 230-236. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.04.189
- 155-Xu, Y., Wu, Y., Sun, P., Zhang, F., Linhardt, R. J., & Zhang, A. (2019a). Chemically modified polysaccharides: Synthesis, characterization, structure activity relationships of action. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 970-977. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.03.213
- 156-Yahia, E. M., Carrillo-López, A., & Bello-Perez, L. A. (2019). Carbohydrates. *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*, 175– 205. doi:10.1016/b978-0-12-813278-4.00009-9
- 157-Ye, C.-L., Hu, W.-L., & Dai, D.-H. (2011). Extraction of polysaccharides and the antioxidant activity from the seeds of *Plantago asiatica* L. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(4), 466–470. doi:10.1016/j.ijbiomac.2011.05.026
- 158-Yin, J., Lin, H., Li, J., Wang, Y., Cui, S. W., Nie, S., & Xie, M. (2012). Structural characterization of a highly branched polysaccharide from the seeds of *Plantago asiatica* L. *Carbohydrate Polymers*, 87(4), 2416–2424. doi:10.1016/j.carbpol.2011.11.009
- 159-Yin, J.-Y., Chen, H.-H., Lin, H.-X., Xie, M.-Y., & Nie, S.-P. (2016). Structural Features of Alkaline Extracted Polysaccharide from the Seeds of *Plantago asiatica* L. and Its Rheological Properties. *Molecules*, 21(9), 1181. doi:10.3390/molecules21091181
- 160-Yin, J.-Y., Nie, S.-P., Zhou, C., Wan, Y., & Xie, M.-Y. (2010). Chemical characteristics and antioxidant activities of polysaccharide purified from the seeds of *Plantago asiatica* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 210–217. doi:10.1002/jsfa.3793
- 161-Yuan, Y., Che, L., Qi, C., & Meng, Z. (2019). Protective effects of polysaccharides on hepatic injury: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 822-830. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.09.002

- 162-Zacharias, C. A., & Sheppard, D. C. (2019). The role of *Aspergillus fumigatus* polysaccharides in host–pathogen interactions. *Current Opinion in Microbiology*, 52, 20–26. doi:10.1016/j.mib.2019.04.006
- 163-Zaman, A., Huang, F., Jiang, M., Wei, W., & Zhou, Z. (2019). Preparation, Properties, and Applications of Natural Cellulosic Aerogels: A Review. *Energy and Built Environment*, 1(1), 60-76. doi:10.1016/j.enbenv.2019.09.002
- 164-Zeng, P., Li, J., Chen, Y., & Zhang, L. (2019). The structures and biological functions of polysaccharides from traditional Chinese herbs. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 163, 423-444. doi:10.1016/bs.pmbts.2019.03.0030
- 165-Zhang, C., Zhu, X., Zhang, F., Yang, X., Ni, L., Zhang, W., ... Zhang, Y. (2020). Improving viscosity and gelling properties of leaf pectin by comparing five pectin extraction methods using green tea leaf as a model material. *Food Hydrocolloids*, 98, 105246. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105246
- 166-Zhang, H., Fan, Q., Li, D., Chen, X., & Liang, L. (2019a). Impact of gum Arabic on the partition and stability of resveratrol in sunflower oil emulsions stabilized by whey protein isolate. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 181, 749-755. doi:10.1016/j.colsurfb.2019.06.034
- 167-Zhang, J., Wen, C., Zhang, H., & Duan, Y. (2019b). Review of isolation, structural properties, chain conformation, and bioactivities of psyllium polysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 409–420. doi:10.1016/j.ijbiomac.2019.08.014
- 168-Zhao, H., Wang, Q., Sun, Y., Yang, B., Wang, Z., Chai, G., ... Kuang, H. (2014). Purification, characterization and immunomodulatory effects of *Plantago depressa* polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 112, 63–72. doi:10.1016/j.carbpol.2014.05.069
- 169-Zheng, Y., Bai, L., Zhou, Y., Tong, R., Zeng, M., Shi, J., & Lib, X. (2018). Polysaccharides from Chinese herbal medicine for anti-diabetes recent advances. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 1240-1253. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.10.072

ANNEXES

Annexe 1

Les différentes gammes étalons sont illustrées dans les tableaux 1, 2, 3 et 4.

Tableau 1. – Gamme d'étalonnage de glucose

Concentration (mg/l)	10	20	50	80	100	Blanc
Glc SM 0.1 g/l (ml)	0.1	0.2	0.5	0.8	1	0
Eau Distillée (ml)	0.9	0.8	0.5	0.2	0	1

Tableau 2. – Gamme d'étalonnage d'acide gallique

Concentration (mg/l)	100	200	250	300	350	Blanc
A gallique SM 1 g/l (ml)	0.1	0.2	0.25	0.30	0.35	0
Eau Distillée (ml)	0.9	0.8	0.75	0.70	0.65	1

Tableau 3. – Gamme d'étalonnage de SAB (LOWRY, 1951)

Concentration (mg/l)	100	200	500	800	1000	Blanc
BSA SM 1 g/l (ml)	0.1	0.2	0.5	0.8	1	0
Eau Distillée (ml)	0.9	0.8	0.5	0.2	0	1

Tableau 4. – Gamme d'étalonnage de SAB (BRADFORD , 1976)

Concentration (mg/l)	10	20	50	80	100	Blanc
BSA SM 0.1 g/l (ml)	0.1	0.2	0.5	0.8	1	0
Eau Distillée (ml)	0.9	0.8	0.5	0.2	0	1

Annexe 02

Les différentes solutions utilisées, les concentrations et la méthode de préparation de chacune, sont illustrés dans le tableau 5.

Tableau 5. – Méthodes de préparation des différentes solutions utilisées

Manipulation	Solution	Concentration	Méthode de préparation
	Extrait polysaccharidique	1g/l	Dissoudre 10 mg de l'extrait dans 10 ml d'eau distillée
Dosages des oses	Glucose	0.1 g/l	Dissoudre 1 mg du glucose dans 10 ml d'eau distillée.
	Phénol	5 %	Dissoudre 500 mg de phénol dans 10 ml d'eau distillée
	Resorcinol	6 mg/ml	Dissoudre 150 mg de résorcinol dans 250 ml d'eau distillée
Dosages des protéines	BSA	1g/l	Dissoudre 10 mg du BSA dans 10 ml d'eau distillée
	NaOH	0.5 %	Dissoudre 500 mg de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.
	LOWRY A	2%	Dissoudre 2 g de Na ₂ CO ₃ dans 100 ml de NaOH 0.5 %
	Na ₂ tartrate	1%	Dissoudre 1 g de Na ₂ tartrate dans 100 ml d'eau distillée.
	LOWRY B	0.5%	Dissoudre 50 mg de CuSO ₄ . 5H ₂ O dans 10 ml de Na ₂

			tartrate 1%
	LOWRY C		Mélanger 100 ml de LOWRY A avec 2 ml de LOWRY B.
	BSA	0.1 g/l	Dissoudre 1 mg du BSA dans 10 ml d'eau distillée
	Bleu de Coomassie		Mettre 25 ml d'éthanol 95% avec 50 mg du bleu de Coomassie.
			Agiter pendant 2h, mélanger avec 50 ml d'acide phosphorique de 85%.
			Diluer avec l'eau distillée jusqu'à 500 ml
Dosages des polyphones	A gallique	1 g/l	Dissoudre 10 mg d' A gallique dans 10 ml d'eau distillée
	Na₂CO₃	20%	Dissoudre 2 g du Na₂CO₃ dans 10 ml d'eau distillée
Activité antioxydant	DPPH	4%	Préparation fraîche : Dissoudre 4 g du DPPH dans 100 ml du Méthanol
	FeCl₃	0.1%	Dissoudre 100 mg du FeCl₃ dans 100 ml d'eau distillée
	TCA	10%	Dissoudre 10 g du TCA dans 100 ml d'eau distillée
	Potassium ferricyanure	1%	Dissoudre 1 g du K₃Fe dans 100 ml d'eau distillée
	PBS	0.2 M ; PH 6.6	KH₂SO₄ ; KHSO₄
activité anti-inflammatoire	PBS	PH 6.4	KH₂SO₄ ; KHSO₄

Annexe 3

Le dosage des oses est réalisé par deux méthodes à partir de différentes concentrations de glucose (Glc) (0.01-0.1 g/l), les oses totaux sont dosés par la méthode de DUBOIS (1956) et la méthode de MONSIGNY (1988) a permis de doser les oses neutres.

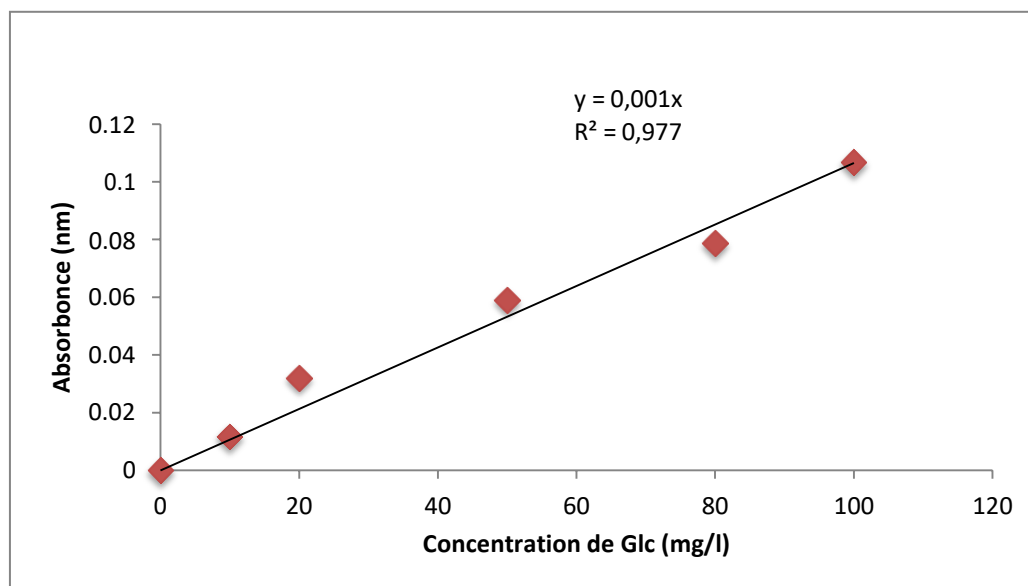


Figure 01.- Courbe d'étalonnage pour les oses totaux (DUBOIS, 1956)

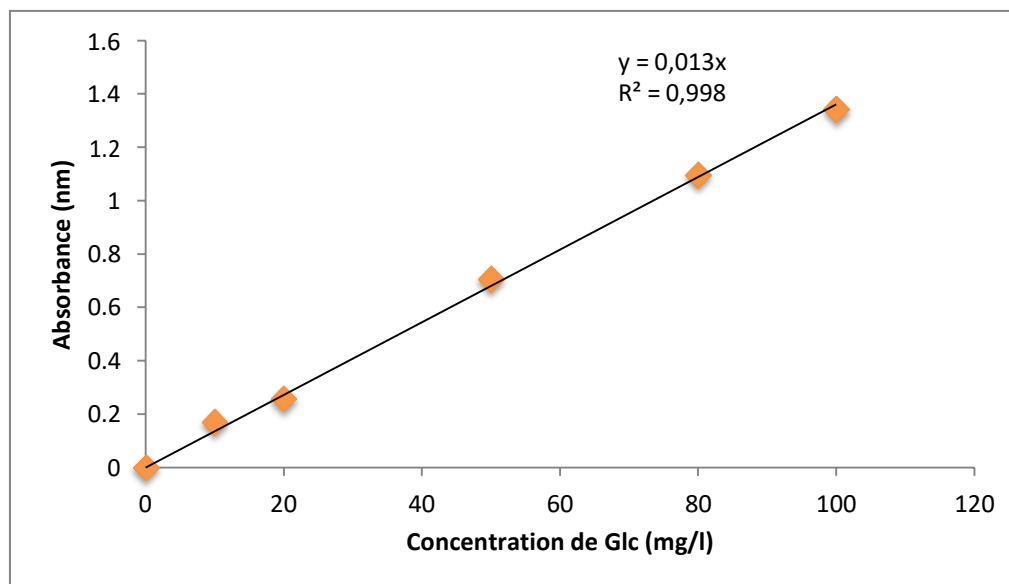


Figure 02.- Courbe d'étalonnage des oses neutres (MONSIGNY, 1988)

Annexe 04

Le dosage des protéines est effectué par deux méthodes. La première méthode est la méthode de LOWRY (1951) qui a pour déterminer la quantité de protéines dans les extraits bruts à partir de gamme d'étalons (0.1 - 1 g/l) de sérum albumine bovine (SAB) et celle de BRADFORD (1976) (0.01 – 0.1 g/l de SAB).

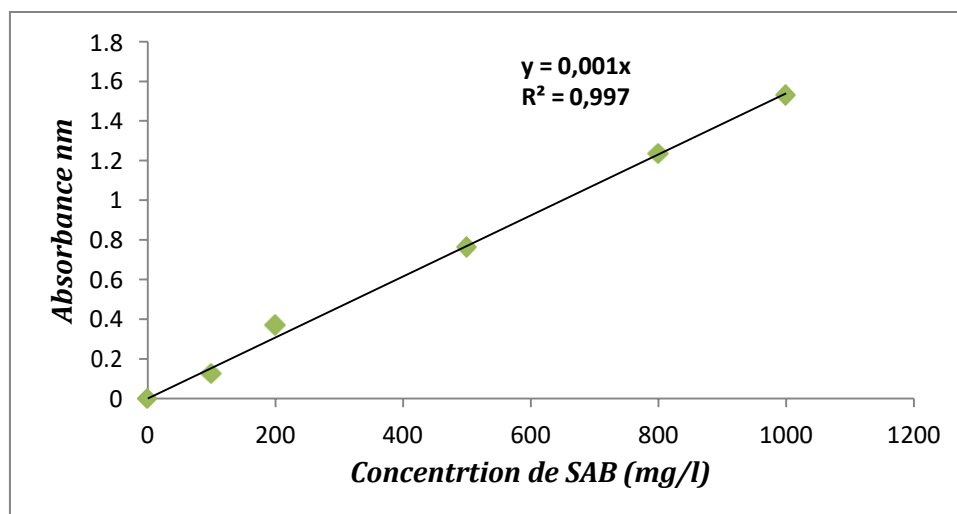


Figure 03.- Courbe d'étalonnage pour les protéines (LOWRY, 1951)

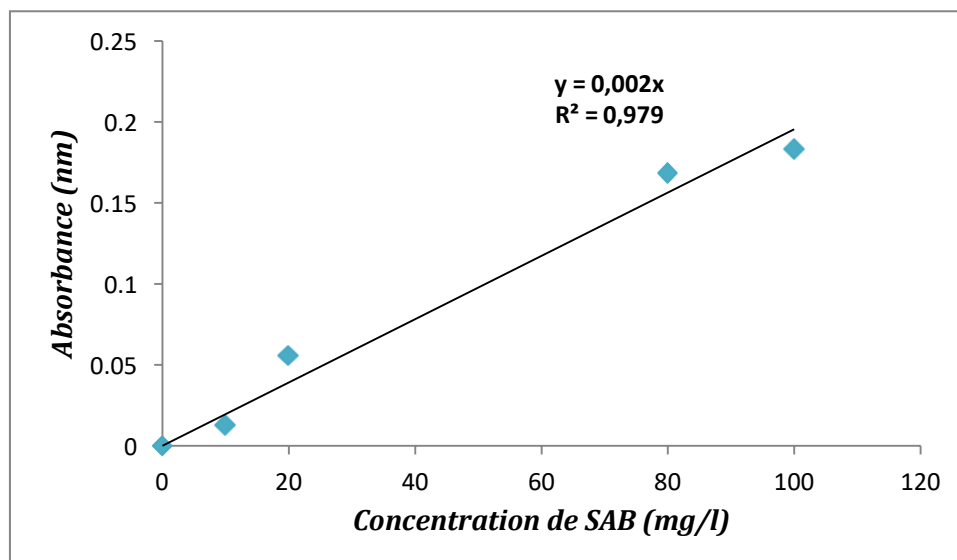


Figure 04.- Courbe d'étalonnage pour les protéines (BRADFORD, 1976)

Annexe 5

Le dosage des polyphénols est effectué par la méthode SINGLETON et ROSSI (1965) à partir de gamme d'étalons (0.1 – 0.35 mg/l) d'acide gallique.

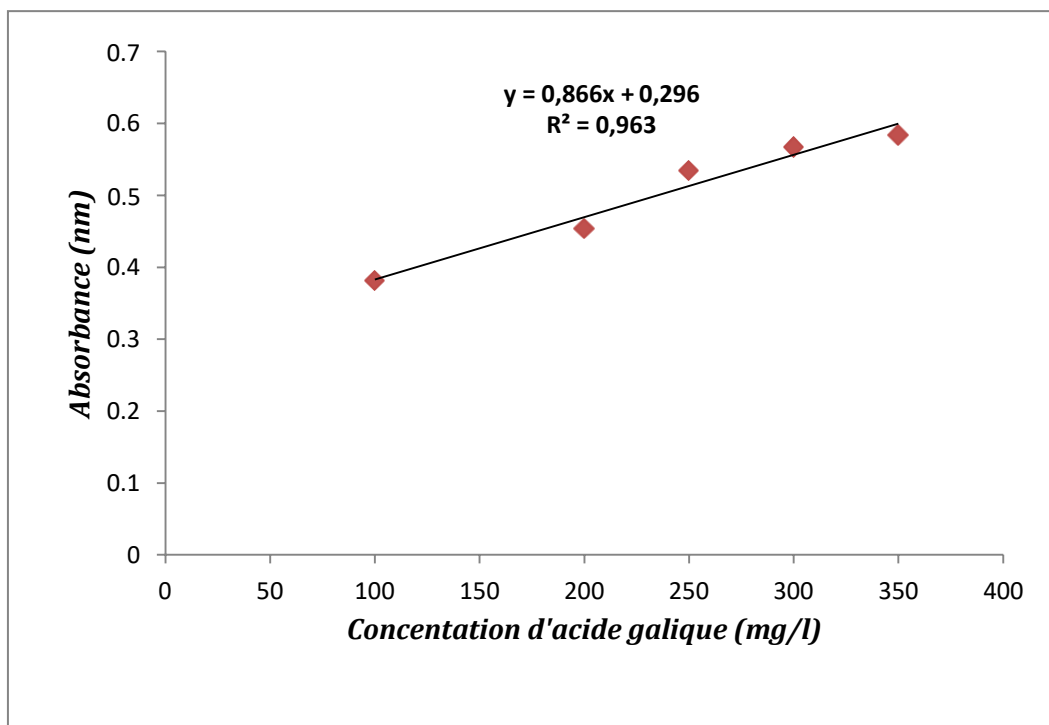


Figure 05.- Courbe d'étalonnage pour les polyphénols

Annexe 6

Le dosage de l'activité antioxydante est réalisé par deux tests. La réduction du radical DPPH et la puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP) sont effectués à partir d'une gamme d'étalons à différentes concentrations d'acide ascorbique (Vit C) (0.001 – 0.000 g/l).

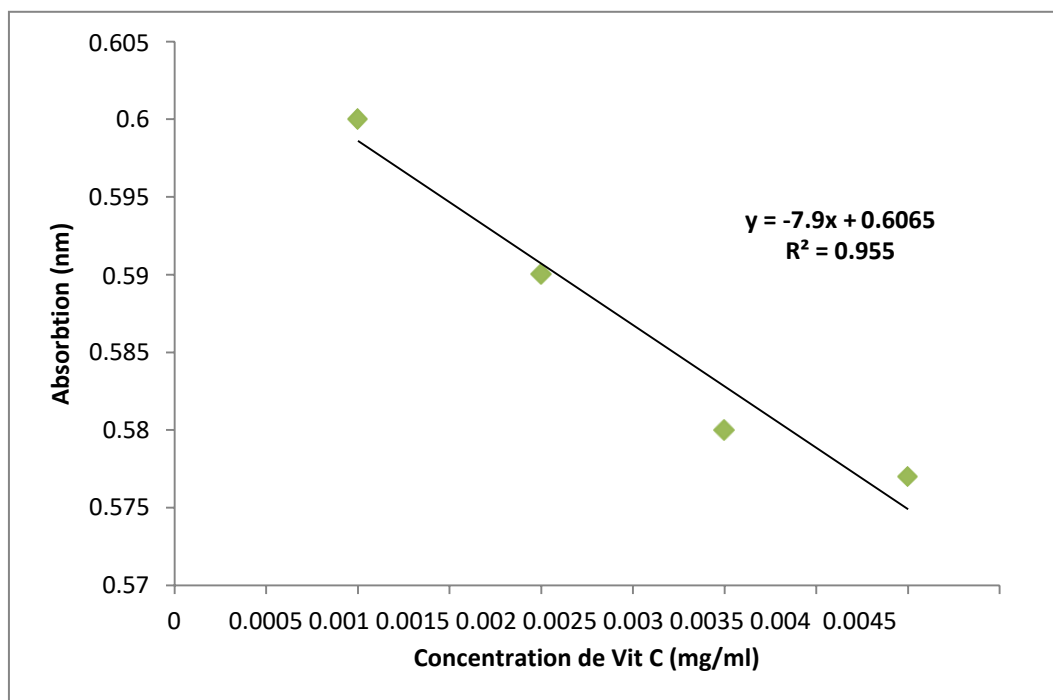


Figure 06.- Courbe d'étalonnage de l'activité de piégeage des radicaux DPPH en fonction de la concentration d'acide ascorbique

Annexe 7

Le dosage l'activité anti-inflammatoire d'extrait polysaccharidique est étudié en utilisant le test d'inhibition de la dénaturation d'albumine à partir d'une gamme d'étalons à différentes concentrations de diclofénac de sodium.

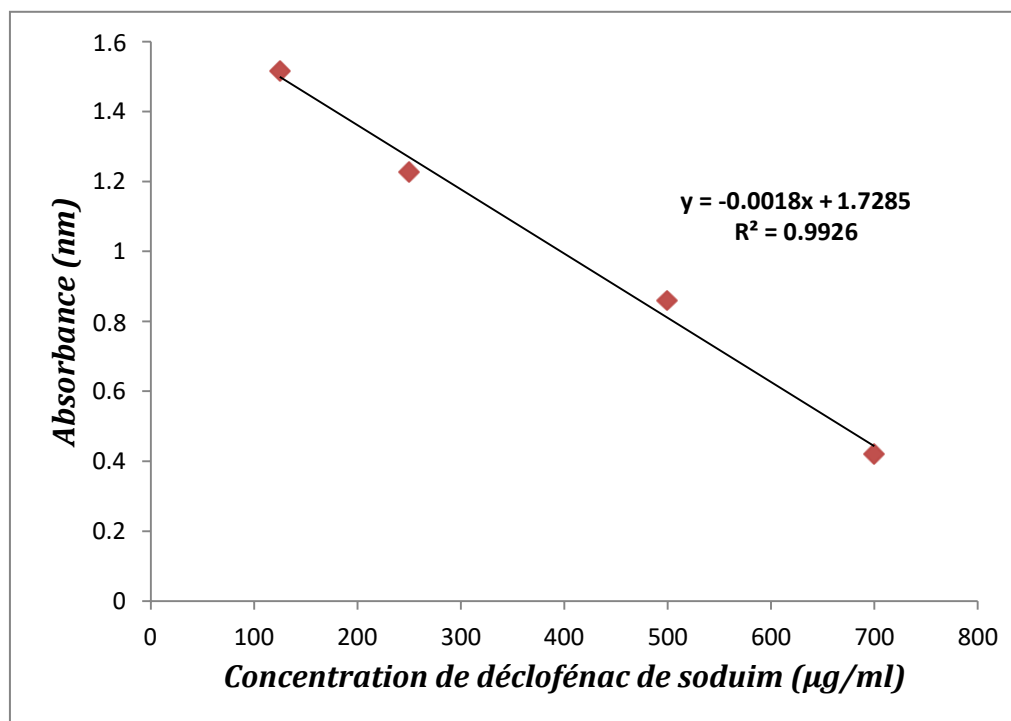


Figure 07.- Courbe d'étalonnage de la dénaturation des protéines en fonction de la concentration de diclofénac de sodium

Annexe 08

Il est indiqué les photos des étapes de l'expérimentation.



Photo 06.- Epis de *Plantago Albicans L.*

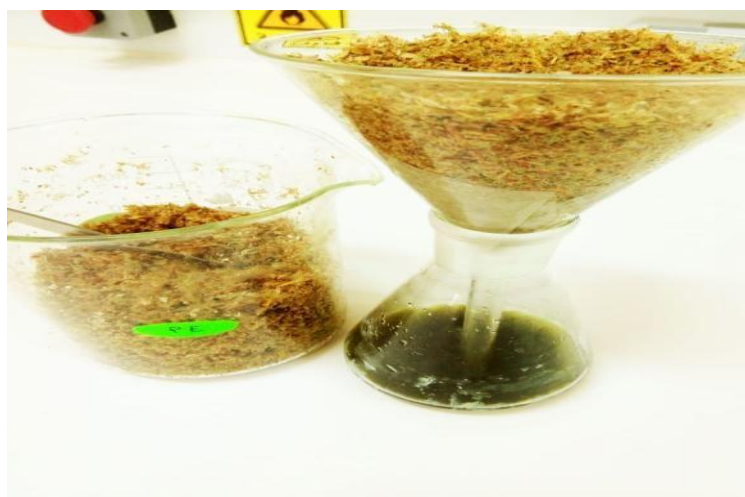


Photo 07.- Etape de prétraitement



Photo 08.- Etape de précipitation



Photo 09.- Rates de souche *Wistar albinos*



Photo 10.- Sacrifice et prélèvement de sang

RÉSUMÉS

Résumé

Le présent travail est ciblé à caractériser et à évaluer les activités antioxydante, anti-inflammatoire et immunomodulatrice des polysaccharides issu des épis de *Plantago albicans* L. (Plantaginaceae), une plante spontanée à caractère médicinal récoltée au Sahara septentrional Est Algérien de la région d'ElOued. Les analyses des compositions chimiques de la fraction obtenue (PEPA) ont montré un taux de 79.5 % d'oses totaux, de 27.3 % d'oses neutres, de faibles teneurs en protéines, soit 5 % selon LOWRY et 15 % selon BRADFORD et d'une absence de composés phénoliques (0 %). L'évaluation du pouvoir antioxydant par la méthode du piégeage des radicaux libres DPPH et la méthode de puissance de l'activité de la réduction ferrique (FRAP) a noté une faible activité antioxydante de PEPA avec un pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH de 11.33% pour 2 mg/ml de concentration. L'étude de l'effet anti-inflammatoire de PEPA (*in vitro*) indique que l'extrait présente un fort potentiel pour l'inhibition de la dénaturation des protéines avec un pourcentage d'inhibition de 97.51% pour la concentration de 2 mg/ml. Par ailleurs, l'activité immunomodulatrice *in vivo* évaluée sur Vingt (20) rats males et Vingt (20) rattes femelles de souche *Wistar albinos*, apparemment en bonne santé, ont été répartis en huit groupes de cinq rats dans chacun: deux lots temoins, deux lots intoxiqués par l'acétate de plomb (100 mg/kg), deux lots traités par l'extrait polysaccharidique (70 mg/kg) après intoxiqués par l'acétate de plomb (100 mg/kg), deux lots traités par l'acide ascorbique (100 mg/kg) après intoxiqués par l'acétate de plomb (100 mg/kg). L'extrait, l'acide ascorbique et l'acétate de plomb ont ajoutés dans leur eau potable. Les résultats ont montrés un effet immunostimulant chez les rattes femelles par une augmentation significative de certains paramètres hématologique (GB, LYMPH, GRAN, MID) et un effet inverse chez les rats males par une diminution des mêmes paramètres testés.

Mots clés: Polysaccharides hydrosolubles, *Plantago albicans* L., Activités biologiques, Région d'El Oued.

Abstract

The present work is aimed at characterizing and evaluating the antioxidant, anti-inflammatory and immunodulatory activities of polysaccharides from the spikes of *Plantago albicans* L. (Plantaginaceae), a spontaneous plant of medicinal character harvested in the Northern Algerian Sahara of the region of El Oued. The analysis of the chemical compositions of the fraction obtained (PEPA) showed a rate of 79.5% of total sugars, of 27.3% of neutral sugars, of low protein contents, that is 5% according to LOWRY and 15% according to BRADFORD and an absence of phenolic compounds (0%). The antioxidant power evaluation by the DPPH free radical scavenging method and the ferric reduction activity potency method (FRAP) noted a weak antioxidant activity of PEPA with a DPPH radical inhibition percentage of 11.33 % for 2 mg / ml of concentration. The study of the anti-inflammatory effect of PEPA (in vitro) indicates that the extract has a high potential for the inhibition of protein denaturation with a percentage inhibition of 97.51% for the concentration of 2 mg / ml. In addition, the immunomodulatory activity in vivo evaluated on twenty (20) male rats and twenty (20) female rats of Wistar albinos strain, apparently healthy, were divided into eight groups of five rats in each: two control groups, two intoxicated groups with lead acetate (100 mg / kg), two batches treated with the polysaccharide extract (70 mg / kg) after intoxication with lead acetate (100 mg / kg), two batches treated with ascorbic acid (100 mg / kg) after poisoned by lead acetate (100 mg / kg). The extract, ascorbic acid and lead acetate have been added to their drinking water. The results showed an immunostimulating effect in female rats by a significant increase in certain hematological parameters (GB, LYMPH, GRAN, MID) and an opposite effect in male rats by a decrease in the same parameters tested.

Keywords: Water-soluble polysaccharides, *Plantago albicans* L., Biological activities, region of El Oued.

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى وصف وتقييم الأنشطة المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات و كذا النشاط المناعي لمستخلص عديد السكاريد الذي تم الحصول عليه من سنابل *Plantago albicans L* (Plantaginaceae) ، وهو نبات ذو طابع طبي تم جمعه في شمال الصحراء الجزائرية من منطقة الوادي. أظهرت نتائج تحليل التركيبات الكيميائية للجزء المتحصل عليه (PEPA) معدل 79.5% من السكريات الأحادية الإجمالية ، 27.3% من السكريات الأحادية المتعادلة ، محتوى منخفض من البروتين ، بمعدل 5% وفقاً لـ LOWRY و 15% وفقاً لـ BRADFORD وغياب المركبات الفينولية (0%). أظهر تقييم النشاط المضاد للأكسدة بطريقة إزالة الجذور الحرة DPPH وفعالية نشاط تقليل الحديد (FRAP) نشاط مضاد للأكسدة منخفض لـ PEPA مع نسبة تثبيط جذري لـ DPPH تبلغ 11.33% لتركيز 2 مجم / مل. تشير دراسة التأثير المضاد للالتهابات لـ PEPA (في المخبر) إلى أن المستخلص لديه قدرة عالية على تثبيط تفكك البروتينات بنسبة 97.51% لتركيز 2 مجم / مل. بالإضافة إلى ذلك ، تم تقييم النشاط المناعي في الجسم الحي على عشرين (20) من الفئران الذكور وعشرين (20) من الفئران الإناث من سلالة *Wistar albinos* ، تم تقسيمها إلى ثماني مجموعات في كل منها خمسة فئران : مجموعتان شواهد ، مجموعتان متسمتان بأسيئات الرصاص (100 مجم / كجم) ، مجموعتان معالجتان بمستخلص عديد السكاريد (70 مجم / كجم) بعد التسمم بأسيئات الرصاص (100 مجم / كجم) ، مجموعتان معالجتان بحمض الأسكوربيك (100 مجم / كجم) بعد التسمم بأسيئات الرصاص (100 مجم / كجم). تمت إضافة المستخلص وحمض الأسكوربيك وأسيئات الرصاص إلى مياه الشرب. أظهرت النتائج وجود تأثير محفز للمناعة على مستوى الفئران الإناث بزيادة معتبرة في بعض عناصر الدم (GB ، LYMPH ، GRAN ، MID) وتأثير معاكس على مستوى الفئران الذكور ظهر على شكل انخفاض نفس عناصر الدم المختبرة.

الكلمات المفتاحية: عديد السكاريد ، بلانتاجو ألبيكانس ، نشاط مضاد للأكسدة ، نشاط مضاد للالتهابات ، نشاط مناعي

، منطقة الواد.