



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire N° série.....  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة الشهيد حمدة لخضر الوادي  
Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
قسم البيولوجيا الخلوية و الجزيئية  
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 de l'effet biologique des polysaccharides  
hydrosolubles de *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur récoltée dans  
la région de Biskra**

**Présentés Par :**  
HALEM Soumeia  
LIMANE Wafa

**Devant le jury composé de :**

<b>Président :</b>	<b>KHELEF Y.</b>	<b>M.A.A. Université d'El Oued</b>
<b>Examinatrice:</b>	<b>TOUMI I.</b>	<b>M.C.A. Université d'El Oued</b>
<b>Promotrice :</b>	<b>YOUMBAI A.</b>	<b>M.A.A. Université d'El Oued</b>

**Année universitaire: 2019/2020**



# *Dédicaces*

*A mes chers parents, pour leur amour, leur soutien et  
tous leurs sacrifices*

*A mes chères sœurs*

*A mes chers frères*

*A mes grands-parents.*

*A mes cousins et cousines.*

*A tous ceux que j'aurais oublié de citer mais qui  
existent au fond de mon cœur et de ma pensée*

## Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous ont permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite. On exprime d'abord nos profonds remerciements à notre directrice Madame YOUMBAI Asma maître assistante A à Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued pour l'honneur qu'elle nous a fait de nous encadrer, pour sa soutien, son attention, ses bons conseils, ses qualités humaines, et aussi pour sa gentillesse, pour tout cela on tient à lui exprimer toute notre gratitude.

Nous exprimons nos remerciements à KHELEF Yahya Maître assistant A pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire malgré ses nombreuses charges.

Aussi, nous tenons à exprimer également notre profonde reconnaissance à TOUMI Ikram M.C.A, d'avoir accepté d'examiner notre travail. Nous tenons l'expression et grand respect.

Aux responsables du laboratoire Sana, Bouchra, et Ibrahim, qui ont accepté de nous accueillir, et de faciliter notre intégration dans le milieu de la pratique, on exprime nos gratitude.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos professeurs qui ont tout donné pour nous encouragés et aidés aux moments difficiles au cours de nos études. Toutes nos salutations à tous nos collègues de la promotion de master Biochimie appliquée 2020. Enfin, mes remerciements vont vers toutes les personnes qui, de près ou de loin m'ont apportés leur soutien, leur conseil et leur contribution dans l'édification de ce mémoire.

### Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer les effets antioxydant, anti-inflammatoire et antibactérienne des polysaccharides hydrosolubles afin de l'extraire à partir des inflorescences de *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur récoltée dans la région de Biskra Sahara Septentrional Algérien. L'étude note un rendement massique de l'extraction hydrosoluble de 4%, et enregistre également que la composition des polysaccharides hydrosolubles isolés est constituée de  $67,90 \pm 0.566\%$  d'oses totaux,  $24,90 \pm 2.40\%$  d'oses neutres, et  $2,16 \pm 0.422\%$  de protéines. L'activité antioxydante est évaluée par le test de DPPH dans laquelle la fraction obtenue indique que une activité réductrice remarquable avec une  $IC_{50}$  de 0,74 mg/ml. L'activité anti-inflammatoire in vitro est mesurée par méthode d'inhibition de la dénaturation des protéines où le pourcentage d'inhibition maximale est de 38,09%. Et é réaliser par la méthode de la stabilisation de la membrane des érythrocytes humaine (HRBC). la pourcentage de l'hémolyse et de protection des globules rouges maximale de l'extrait est 27,5%, 72,5 % respectivement. L'activité antibactérienne, a été réalisée par la méthode diffusion de disque, les résultats obtenus montrent que l'extrait polysaccharidique a un effet sur les souches *E. coli* ATCC 10536 avec zone d'inhibition maximale  $9 \pm 0,63$ mm, et les souche *Staphylococcus aureus* ATCC 9144 et *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27835 sont résistante avec zone d'inhibition ( $7 \pm 0,82$ ) ( $6 \pm 0.01$ ) mm respectivement .

**Mots clés:** *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur, Polysaccharides hydrosolubles, Anti-inflammatoire, Antioxydant. Antibactérienne .

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد النشاط المضاد للأكسدة، المضاد للالتهابات، والمضادة للبكتيريا للسكريات القابلة للذوبان في الماء المستخرجة من أزهار *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur المأخوذة من منطقة بسكرة الموجودة في صحراء شمال الجزائر. تشير الدراسة إلى مردود السكريات القابلة للذوبان في الماء يقدر بنسبة 4% ، كما تم تحديد مكونات السكريات القابلة للذوبان في الماء حيث تتكون من 0.566±67,90 % من السكريات المجملية، و 2.40±24,90 % من السكريات المتعادلة، و 2,16 ±0.422 % من البروتينات. تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة اختبار DPPH حيث يشير النشاط المضاد للأكسدة إلى أن الجزء الذي تم الحصول عليه له نشاط اختزال ملحوظ مع IC<sub>50</sub> من 0.74 مجم / مل. تم قياس النشاط المضاد للالتهابات للسكريات القابلة للذوبان في الماء عن طريق اختبار تثبيط تحلل البروتين حيث بلغت نسبة التثبيط القصوى 38.09% ، وباختبار تثبيط غشاء كريات الدم الحمراء البشرية (HRBC). وأقصى نسبي انحلال و حماية لخلايا الدم الحمراء من الانحلال للمستخلص هما 27.5% ، 72.5% على التوالي. أظهرت نتائج النشاط المضاد للبكتيريا التي تم الحصول عليها أن مستخلص متعدد السكريات له تأثير على سلالة البكتيريا *E. coli* ATCC 10536 ، مع منطقة تثبيط قصوى 0.63±9 ملم و السلالات *Staphylococcus aureus* ATCC 9144 ، *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27835 تعتبر مقاومة مع منطقة تثبيط (7 ± 0.82) (6 ± 0.01) ملم على التوالي.

**الكلمات المفتاحية :** *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur ، السكريات القابلة للذوبان في الماء ، النشاط المضاد للالتهابات ، النشاط المضاد للأكسدة. النشاط المضاد للبكتيريا.

## Sommaire

---

Remerciement .....	
Résumé.....	
Sommaire.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des photos.....	
Abréviations.....	
<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>

---

### **Première partie: Synthèse bibliographique**

---

I.1. Généralités sur les polysaccharides.....	4
I. 1. 1. Les homopolysaccharides .....	4
I.1.2. Les hétéropolysaccharides.....	5
I. 2. Classification des polysaccharides végétaux.....	7
I.2.1. Polysaccharides structuraux .....	7
I.2.1.1. Cellulose.....	7
I.2.1.2. Hémicelluloses .....	8
I.2.1.2.1.Xylanes.....	8
I.2.1.2.2. Homoxylanes .....	8
I.2.1.2.3. Hétéroxylanes .....	9
I.2.1.2.4. Mannanes .....	10
I.2.1.2.5. $\beta$ -D-glucanes à liaisons mixtes.....	11
I.2.1.3. Pectines.....	12
I.2.2. Polysaccharide de réserve .....	12

---

## Sommaire

---

I.2.2.1.Amidon .....	12
I.2.2.2.-amylopectine .....	13
I.2.3. Gommés et mucilages .....	13
I.3. Les Activités biologiques des polysaccharides .....	14
I.3.1.Activité antioxydant .....	14
I.3.2.Activité anti-inflammatoire:.....	16
I.3.3 Activité immunostimulante .....	17
I.3.4. Activité antiviral .....	17
I.3.5. Activité anti-tumorale (anticancéreuse).....	18
I.3.6.Activité antibactérienne.....	18
I.4.Généralités sur la famille des Apiacées.....	19
I.4.1. <i>Ferula vesceritensis</i> .....	20
I.4.1.1. Description botanique de <i>Ferula vesceritensis</i> .....	20
I.4.1.2.Classification botanique .....	20
I.4.1.3. Répartition géographique .....	20
I.4.1.4.Utilisations traditionnelles de <i>Ferula vesceritensis</i> .....	20
I.5. Les bactéries étudiées.....	21
I.5.1. <i>Escherichia coli</i> .....	21
I.5.2. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	21
I.5.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	21

## Deuxième partie PARTIE PRATIQUE

---

### Chapitre I: Matériels et méthodes

---

I. Principe adoptée .....	24
---------------------------	----

---

## Sommaire

---

I.1. Choix de plante.....	24
I.2.Récolte et parties étudiées .....	24
I.3.Matériel d'étude .....	25
I.3.1.-Matériel biologique.....	25
I.3.2.Produits chimiques et appareillages .....	25
I.4. Méthode d'étude .....	25
I.4.1. Extraction des polysaccharides .....	25
I.4.1.1.Calcul du rendement.....	26
I.4.2 Composition de l'extrait polysaccharidiques.....	28
I.4.2.1.Dosages des oses totaux .....	28
I.4.2.2.Dosage des oses neutres .....	28
I.4.2.3.Dosage des protéines.....	29
I.5.Activités biologiques des extraits bruts polysaccharidiques .....	30
I.5.1.Activité antioxydant .....	30
I.5.2.Activité anti-inflammatoire .....	31
I.5.2.1.Activité anti-inflammatoire avec l'inhibition de la dénaturation des protéines.....	31
I.5.2.2. l'activité anti-inflammatoire, <i>in vitro</i> , par la méthode de stabilisation membranaire des globules rouges .....	32
I.5.3.Activité antibactérienne.....	33
I.5.3.1.Principe.....	33
I.5.3.2.Préparation du milieu de culture .....	33
I.5.3.3.Revivification des souches bactériennes .....	33
I.5.3.4.Préparation des dilutions d'extraits <i>Ferula vesceritensis</i> .....	34
I.5.3.5.Préparation de l'inoculum .....	34



## Sommaire

---

I.5.3.6.Ensemencement et dépôt des disques..... 34

I.5.3.7.Lecture des antibiogrammes.....34

## **Chapitre II : Résultat et discussion**

**II. Résultat et discussion.....36**

II.1. Etude des polysaccharides ..... 36

II.1.1. Rendement d'extraction des polysaccharides hydrosolubles..... 36

II.2. Composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles..... 37

II.3. Activités biologiques de l'extrait polysaccharidique ..... 38

II.3.1. Activité anti-oxydante..... 38

II.3.2.Activite anti inflammatoire ..... 41

II. 3.2.1. La pourcentage l'inhibition de la dénaturation des protéines .....41

II. 3.2.2. La stabilisation de la membrane des érythrocytes.....42

II.3.4. Activité antimicrobienne..... 43

II.3.4.1. Résultats du test préliminaire ..... 43

II.3.4.2. Les antibiogrammes ..... 44

II.3.4.3. L'effet antibactérienne de l'extrait hydrosoluble des polysaccharides des  
inflorescences de *F. vesceritensis*..... 44

**Conclusion et perspectives .....47**

**Références bibliographiques .....50**

**Annexes. ....65**

---

**Liste des figures**

---

<b>Figure 01:</b> Représentation de la molécule de cellulose .....	7
<b>Figure 02:</b> Structures principales des homoxylanes de type (A) $\beta$ -(1,3)-D-xylane et (B) $\beta$ -(1,3, 1,4)-D-xylane.....	9
<b>Figure 03:</b> Structure des (A) glucomannanes et (B) galactoglucomannanes .....	11
<b>Figure 04:</b> Structure de pectine.....	12
<b>Figure 05:</b> Structure de l'amylopectine .....	13
<b>Figure 06 :</b> Représentation de la route Oulad Djalal ( Biskra )- El-Baadj .....	24
<b>Figure 07:</b> L'inflorescence de <i>Ferula vesceritensis</i> .....	24
<b>Figure 08 :</b> Extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de inflorescences de <i>F. vesceritensis</i> .....	25
<b>Figure 09:</b> Schéma général des différents étapes de l'extraction des polysaccharides .....	27
<b>Figure 10 :</b> La réduction de test DPPH) .....	30
<b>Figure 11 :</b> Histogramme de la Composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de <i>F.vesceritensis</i> .....	37
<b>Figure 12:</b> Représentation graphique de pourcentages d'inhibition du radical DPPH <sup>o</sup> + en présence de (A : brut des polysaccharides de <i>F.vesceritensis</i> , B : l'acide ascorbique).....	39
<b>Figure 13 :</b> Histogramme de l'effet antibactérienne de antibiotique gentamicine et l'extrait des polysaccharides hydrosolubles de inflorescences de <i>F. vesceritensis</i> sur les souche bactériennes. ....	44

---

Liste de tableaux

<b>Tableau 01:</b> Roles biologiques des quelques homopolyosides .....	<b>5</b>
<b>Tableau 02 :</b> Rôles biologiques des quelques hétéropolyosides.....	<b>6</b>
<b>Tableau 03:</b> Classification botanique de <i>Ferula vesceritensis</i> .....	<b>20</b>
<b>Tableau 04:</b> Lecture des antibiogrammes selon le diamètre de la zone d'inhibition.....	<b>34</b>
<b>Tableau 05:</b> L'Effet de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de <i>F. vesceritensis</i> sur la Pourcentage d'inhibition de la dénaturation protéique.....	<b>41</b>
<b>Tableau 06 :</b> L'Effet de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de <i>F. vesceritensis</i> sur stabilisation de la membrane des érythrocytes .....	<b>42</b>

---

---

## Abréviations

**AAI** : Indice de l'Activité Antioxydant.

**AG** : Arabinogalactanes.

**AGX** : Arabino(glucurono)xylanes.

**AINS** : Anti-inflammatoires non stéroïdiens.

**AIS** : Anti-inflammatoires stéroïdiens.

**ATCC** : American Type Culture Collection.

**AX** : Arabinoxylanes.

**CCM** : Chromatographie sur couche mince.

**Cellules A549** : Ligné cellulaire cancéreuse .

**Cellules H22** : Lignées cellulaires hépatique.

**Cellules HeLa** : Lignée cellulaire cancéreuse.

**CHX** : Hétéroxylanes.

**CP** : *Cyclocarya paliurus*.

**DMSO** : diméthyle sulfoxyde .

**DP** : Degré De Polymérisation .

**DPPH** : 1,1' Diphenyl-2-Picryl Hydrazyl.

**EDTA** : Acide éthylène diamine tétra acétique.

**EPS** : Exopolysaccharide.

**EPS** : *Sichuan paocai*.

**Fru** : Fructose .

**GlcNAc** : N-acétylglucosamine.

**GalNAc** : N-acétylgalactosamine.

---

**Galp** : Galactose.

**GaM** : Galactomannanes .

**GGM** : Galactoglucomannanes .

**Glc** : Glucose .

**GlcA** : L'acide glucuronique.

**GlcP** : Galactopyranose.

**GM** : Glucomannanes.

**GP** : Glutathion peroxydase.

**GR** : Globules rouges.

**Gram -** : Gram negative.

**Gram+** : Gram positive.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Peroxyde d'hydrogène.

**HG** : Homogalacturonanes.

**HPAEC-PAD** : Chromatographie échangeuse d'anions, de haute performance à détecteur ampérométrique pulsé.

**HRBC** : Méthode de la stabilisation de la membrane des érythrocytes humaine.

**HSV** : Herpès Simplex Virus.

**HSV** : Virus Herpès simplex .

**I %** : Pourcentage d'inhibition.

**IC<sub>50</sub>** : Concentration Inhibitrice de 50 %.

**IFV** : Inflorescences de *F. Vesceritensis*.

**IL** : Interleukine.

**L Ido**: L iduronate .

**L-Araf** : L-arabinofuranose.

---

**LDL** : Lipoprotéine de basse densité.

**L-Rha** : L-rhamnose .

**Man** : D-mannose.

**mg** : Milligramme.

**mL**: Millilitre.

**µg**: Microgramme.

**µl** : Microlitre.

**NaCl** : Saline hypotonique.

**NK** : Natural Killer.

**PBS** : Tampon de phosphate saline.

**PH** : Potentiel hydronium.

**PRS** : Polysaccharides de la Racine de *Senecio scandens* Buch, -Ham.

**R** : Rendement.

**RLO** : Radicaux libres dérivés de l'oxygène.

**ROS**: Réactive Oxygène Species.

**Rpm** : Rotation par minute.

**SOD** : Superoxydes dismutases.

**TNF** : Facteur De Nécrose Tumorale.

**VIH** :Virus de l'immunodéficience humaine.

**Vit C** : Vitamine C .

**Xyl** : Xylose .

# **Introduction**

### Introduction

Les polysaccharides sont des macromolécules complexes que l'on retrouve dans tous les règnes (végétal, animal et bactérien). Sont composés d'enchaînements d'unités osidiques reliées par des liaisons glycosidiques. Les propriétés physico-chimiques des polysaccharides dépendent à la fois de leur masse molaire, de leur composition chimique, et enfin de la structure : linéaire, ramifiée, avec la présence ou non de substituants, de leur position et des branchements. Grâce à leur diversité de structures quasi infinie, chaque polysaccharide caractérisé par son unité répétitive est unique et offre ainsi des propriétés fonctionnelles qui lui sont spécifiques (**Delbarre et al., 2014**).

Au cours des dernières années, les polysaccharides naturels ont suscité de plus en plus d'attention pour des activités pharmacologiques intéressantes sans entraîner d'effets secondaires significatifs. Il est rapporté que des polysaccharides isolés à partir de différentes ressources naturelles présentaient des activités anti-tumorales, antioxydants et anti-inflammatoire (**Cui et al., 2019**, **Chen et al., 2019**). Ces propriétés fonctionnelles des polysaccharides sont étroitement liées à leurs structures chimiques (**Jeddou et al., 2016**).

Les différents motifs polysaccharidiques présentant des activités biologiques ainsi identique et présentent des motifs presque similaires, mais qui ont parfois des différences structurales mineures. Ces différences structurales affectent parfois de façon importante, l'activité biologique, ou la cible dans la réponse immunitaire. Nous savons que le système immunitaire est un système très complexe qui protège l'organisme contre des maladies telles que la grippe, les infections bronchiques, le cancer. Des extraits de ces parois, principalement polysaccharidiques, isolés à partir de plantes sont également couramment utilisés comme «remède traditionnel» (**Angone et al., 2010**).

Les plantes du genre *Ferula* (Apiacées) sont des herbacées vivaces répandues dans l'Asie centrale, la région méditerranéenne et l'Afrique du Nord. Des études récentes ont montré l'intérêt de certains composés isolés des espèces de ce genre comme agents chimio-préventifs ainsi que pour surmonter la résistance aux anticancéreux. (**Alkhatib, 2010**).

Le présent travail s'oriente sur l'étude des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F. vesceritensis* Coss. & Dur qui est une plante spontanée à caractère médicinal récoltée dans la région de Biskra (Sahara septentrional Algérien). Le but de cette étude est la caractérisation des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F.*



## Introduction

---

*vesceritensis*, et d'évaluer les activités antioxydants, anti-inflammatoires, et antibactériennes de ces polysaccharides.

Le présent travail est structuré en deux parties. La première partie, qui concerne la partie bibliographique, aborde toutes les notions théoriques, en relation avec le thème et le travail réalisé. Ainsi, après avoir parlé sur les polysaccharides et leurs activités biologiques et la plante et de leurs caractères, et utilisation traditionnels. Dans la deuxième partie, partie expérimentale sont exposés, les matériels et méthodes utilisées et consacré à l'illustration de tous les résultats obtenus suivis par une discussion appropriée. Enfin une conclusion générale où seront résumés tous les enseignements tirés avec les perspectives en vue, terminent le présent travail.

**Première partie**  
**Synthèse**  
**bibliographique**

### I.1. Généralités sur les polysaccharides

Les polysaccharides sont des polymères qui peuvent être classés en deux grandes catégories selon leur fonction biologique : structurelle ou de stockage. Le glycogène et l'amidon sont par exemple des formes de mises en réserve du glucose qui se présentent sous la forme de grains. La cellulose, formée dans la cellule végétale et également constituée de glucose, intervient quant à elle dans la constitution de la paroi cellulaire. (Thiry, 2014). Les glucides ou saccharides sont les molécules biologiques les plus abondantes. Leur formule brute générale  $(CH_2O)_n$  qui donne le nom d'hydrates de carbone ou carbohydrates. Les unités de base des glucides sont appelées monosaccharides ou oses. Ce sont des polyhydroxyaldéhydes ou des polyhydroxycétones contenant entre 3 et 7 atomes de carbone. (Chouana, 2017).

Les polyholosides ou polyosides ou glucanes nommés polysaccharides dont le degré de polymérisation est supérieur à 10. Ils sont classés soit comme macromolécule de structure (cellulose, pectine, chitine ...) soit comme macromolécule de réserve (amidon, glycogène...) (Delattre, 2005). Les structures des polysaccharides sont majoritairement constituées d'hexoses et/ou de pentoses liés les uns aux autres par des liaisons O-glycosidiques. Il est distingué les homopolysaccharides constitués d'un seul type d'oses et les hétéropolysaccharides constitués de plusieurs types d'oses (Shi, 2016) Ces polymères peuvent être linéaires ou ramifiés, avec un poids moléculaire de dizaines de milliers voire de millions (Yue Yua *et al.*, 2018).

Les polysaccharides peuvent être classés sur la base de leur composition en monomères. Il est habituel de distinguer les homopolysaccharides et les hétéropolysaccharides, selon qu'ils présentent, dans leurs structures, un ou plusieurs types d'unités monosaccharidiques. (Moussard, 2007 ; Hames *et al.*, 2006).

#### I. 1. 1. Les homopolysaccharides

On classe les homopolysaccharides d'après la nature de l'unité osidique qui les compose. Les glucanes sont des polymères de D-glucose. Les galactanes sont des polymères de D-galactose et les xylanes des polymères de D-xylose (Voet et Voet, 2005). Les homopolysaccharides peuvent être linéaires (amylose, cellulose, chitine) ou ramifiés (amylopectine, glycogène) (Moussard, 2007). Les glucosanes (amidon, cellulose), ce sont des polysaccharides homogènes les plus importants, qui sont composés exclusivement d'enchaînement de molécules de glucose (Hames *et al.*, 2006) (Tableau 01).

Tableau 01: Rôles biologiques des quelques homopolysides (Guilloton *et al* ,2013).

Homopolysacchrides	Unite osidique et enchainement	Nombre d'unités	Role biologique
<b>Amidon</b>	(1-4)- $\alpha$ -Glc avec des ramification (1-6)- $\alpha$ -Glc toutes les trente unités environ	>10000	Réserve des carbone et d'énergie chez les végétaux (composant de l'amidon ).
<b>Cellulose</b>	(1-4)- $\beta$ -Glc	>10000	Polysaccharides de structure des végétaux : présente chez les tuniciers (invertébré marins).
<b>Glycogène</b>	(1-4)- $\alpha$ -Glc avec des ramification (1-6)- $\alpha$ -Glc toutes les dix unités environ.	>50000	Réserve de carbone et d'énergie chez les animaux les champignons et les bactéries.
<b>Chitine</b>	(1-4)- $\beta$ -GlcNAc	>10000	Constituant majeure et de l'exosquelette des arthropodes et cellulaire des champignons.
<b>Xylane</b>	(1-4)- $\beta$ -Xyl (xylane)	>10000	Polysaccharides de structure des algues verts .

### I.1.2. Les hétéropolysaccharides

Les hétéropolysaccharides comportent comme leur nom l'indique, plusieurs types d'oses et jouent un rôle important dans le tissu de soutien et la matrice extracellulaire de l'organisme. Ils constituent de longues chaines d'oses indépendantes ou liées à un noyau protéique. Dans ce dernier cas, le volume de la chaine osidiques est bien plus important que celui de la partie protéique (Widmer *et al.*, 2000).

Les hétéropolysaccharides sont des molécules de haut poids moléculaire contenant au moins deux per de monosaccharides formant un motif de base polymérisé (Fabre, 1989) .

## Première partie: Synthèse bibliographique

On classe les hétéopolysaccharides d'après la nature des principales unités osidiques qui les composent. Les araboxylanes sont des polymères mixtes d'arabinose et de xylose. Le même principe s'applique pour classer les galactoarabanes, les galactomannanes etc..., les hétéopolysaccharides ne sont généralement formés que de quelques types de monosaccharides qui se suivent en séquence selon un schéma répétitif (Voet et Voet,2005) (Tableau 02) .

**Tableau 02 : Rôles biologiques des quelques hétéopolyosides (Guilloton *et al* ,2013).**

Hétéo-polysaccharide	Unite osidique et enchainment	Nombre d'unités	Rôle biologique
<b>Acide hyaloronique</b>	- GlcA $\beta$ -(1→4)- $\beta$ -GlcNAc-	>10000	Composant de la matrice extracellulaire du tissu conjonctif ; constituant du cartilage.
<b>Inuline</b>	(2→1)- $\beta$ -Fru; le carbone 2 du fructose terminale est uni à une molécule de glucose $\alpha$ par liaison diosidique .	<100	Polysaccharides de réserve des plantes à rhizome (ex :dahlia ,iris ,topinambour).
<b>Pectine</b>	(1→4)- $\alpha$ -GalU partiellement ésterifié (methyl); presente de pentose et d'hexoses (<10%)	<1000	Groupe hétérogène de polysaccharides des parois des cellules végétale.
<b>Héparine</b>	$\alpha$ (1→4) -GlcN . L Ido	variable	Anticoagulant
<b>Chondritine sulfate</b>	$\beta$ (1→4) GalNAc- +sulfaté	>10000	Constituent de la matrice extracellulaire.

### I. 2. Classification des polysaccharides végétaux

L'étude des polysaccharides végétaux passe en premier lieu par la prise de conscience de la très grande variabilité structurale en partie liée à leurs nombreuses fonctions biologiques. Le plus souvent séparés en trois catégories, on distingue les polysaccharides de réserve (amidon, galactomannane) des polysaccharides de structure (celluloses, hémicelluloses, pectines) et des exsudats, gommés ou mucilages (gomme arabique) (Warrand, 2004).

#### I.2.1. Polysaccharides structuraux

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

##### I.2.1.1. Cellulose

La cellulose est une chaîne linéaire d'unités  $\beta$  (1-4) -D-glucose qui se lient côte à côte de façon parallèle pour former des microfibrilles d'épaisseurs variables (**Figure 01**). La cellulose est produite par de nombreux organismes, y compris les bactéries, les algues, les plantes et certains animaux marins (Tuo Wang *et al.*, 2017), mais sa principale source est les parois cellulaires des plantes, Elle est insoluble dans la plupart des solvants. L'ensemble de ces propriétés physico-chimiques et mécaniques, en plus de sa grande abondance et disponibilité, font de la cellulose l'un des polysaccharides le plus étudié (Chouana, 2017).

Chez les plantes supérieures, la cellulose est synthétisée au niveau de la membrane cytoplasmique par des complexes inter membranaires qualifiés de rosettes composés de 36 celluloses synthases. Les 36 chaînes néo synthétisées s'associent en micro fibrilles rigides et cristallines de 3 nm d'épaisseur . Les micro fibrilles s'enroulent étroitement et fournissent ainsi une résistance mécanique à la plante face aux stress externes et à la pression osmotique interne (Cosgrove, 2005 ; Somerville, 2006).

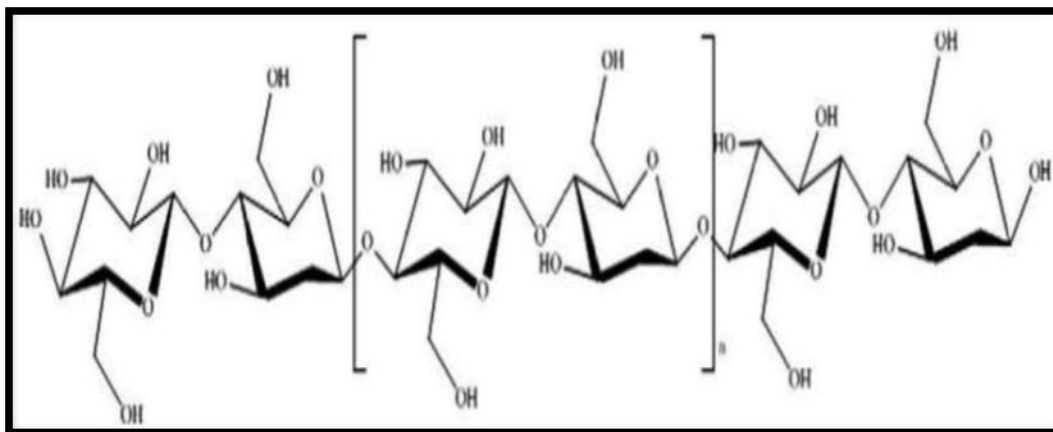


Figure 01. Représentation de la molécule de cellulose (Ruff, 2008).

### I.2.1.2. Hémicelluloses

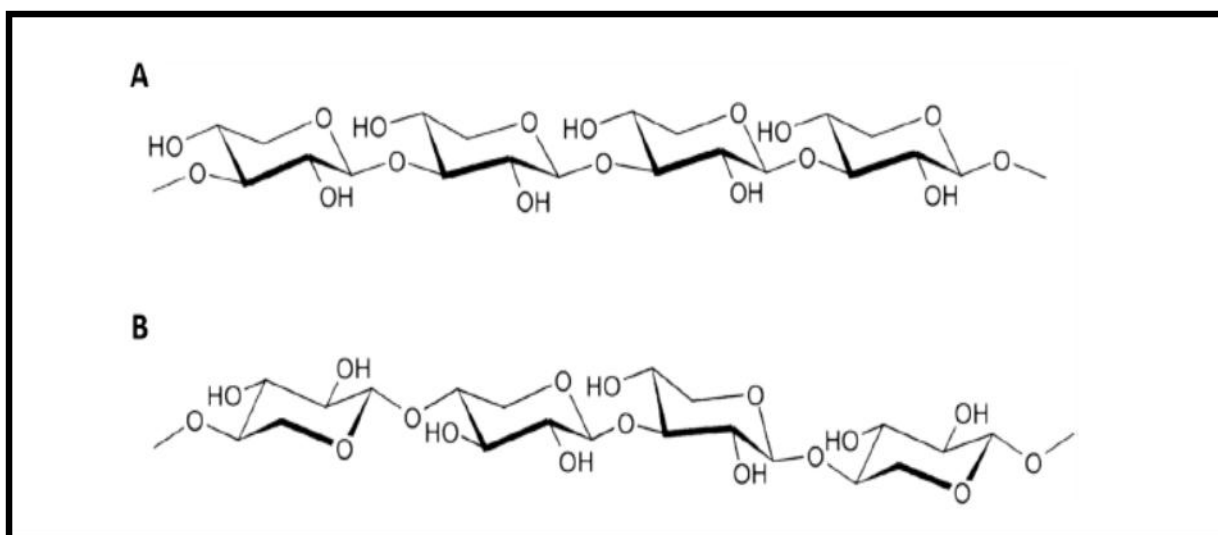
Le nom hémicellulose a été désigner tous les polysaccharides de la plante que l'on pouvait extraire par des solutions aqueuse alcalines Elles diffèrent de la cellulose par l'hétérogénéité de leur composition monosaccharidique (Mongi ,2015) représentant en moyenne jusqu'à 50% de la biomasse des plantes vivaces, (Ruff, 2008). Les hémicelluloses fonctionnent comme matériel de soutien dans les parois cellulaires. Ils sont facilement hydrolysés par les acides à leurs composants en monomères, composé de D-glucose, de D-mannose, de D-galactose, est D-xylose, L-arabinose et de petites quantités de L-rhamnose en plus de l'acide D glucuronique, de l'acide 4-O-méthyl-D-glucuronique et de l'acide D-galacturonique. En raison de leurs structures amorphes, les hémicelluloses ont une réactivité plus élevée que celle de la cellulose (Zobiri *et al.*, 2019). De nature hétéropolymérique (glucomannanes, glucuronoxylanes, glucuronoarabinoxylanes, arabinoxylanes, xyloglucanes), il existe également quelques hémicelluloses homopolymériques comme des mannanes, xylanes et  $\beta$ -glucanes (Habibi, 2004). Les hémicelluloses peuvent donc être divisées en grandes classes, à savoir les xylanes, les mannanes, et les  $\beta$ -glucanes à liaisons mixtes (Ruff, 2008).

#### I.2.1.2.1.Xylanes

Les xylanes sont les hémicelluloses principales des parois secondaires, elles sont également prédominantes dans les plantes annuelles et céréalières. (Mongi , 2015). Ils sont composés d'un squelette de résidus de D-xylose unis en  $\beta$  (1,4), qui peut être substitué par des résidus de D glucuronate  $\alpha$  (1,2) (lui-même pouvant être O méthyle en position 4 ( glucuronoxylane), par des résidus de L arabinoses  $\alpha$  (1,2) ou  $\alpha$  (1,3) (arabinoxylanes), ou par les deux (glucuronoarabinoxylanes) (Ebringerová *et al.*, 2005).

### I.2.1.2.2. Homoxylyanes

Les véritables homoxylyanes purs sont présents chez des algues comme *Palmariales*, *Caulerpa*, *Pryopsis* ou *Nemaliales* (Ebringerová *et al.*, 2005). Ils sont constitués d'un squelette de D-Xylp liés en  $\beta$ -(1,3) ou d'une alternance  $\beta$ -(1,3)/ $\beta$ -(1,4) (Figure 02). Ils jouent essentiellement un rôle structural dans l'architecture (Ebringerová et Heinze, 2000). De faibles quantités de groupements phosphate, sulfate et quelques fragments peptidiques ont également été rapportés dans ces structures (Deniaud *et al.*, 2003).



**Figure 02.** Structures principales des homoxylyanes de type (A)  $\beta$ -(1,3)-D-xylane et (B)  $\beta$ -(1,3, 1,4)-D-xylane (Ebringerová *et al.*, 2005).

### I.2.1.2.3. Hétéroxylanes

#### a. Glucuronoxylanes

Les glucuronoxylanes sont des hémicelluloses acides, constitués d'une chaîne principale d'unités D-xylopyranose (xylose) liées en  $\beta$ -(1,4). (Brillouet et Joseleau, 1987). l'acide  $\alpha$ -D glucopyranosique ( $\alpha$ -D-GlcpA), fréquemment sous forme d'acide 4-O-méthylglucuronique, lié par une liaison  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 2) sur la chaîne de xylose. Certains de ces xylanes *in situ* sont substitués irrégulièrement par des groupements acétyle en position O-2 et O-3 des xylose, pour environ 70% de ces unités xylose (Baeza et Freer, 2001).



### b. Les arabinoglucuronoxylanes

Les arabino (glucurono)xylanes (AGX) sont des hétéropolysaccharides possédant à la fois des substitutions arabinosyl et des substitutions (4-Ométhyl) acide glucuronique. Et la présence supplémentaire de substituants arabinosyl en position O-3 de certains résidus xylose. Les AGX sont les composantes hémicellulosiques mineures (après les mannanes) des bois tendres (**Ebringerová, Hromádková et al, 2005**) On retrouve également les AGX au sein de la paroi cellulaire des tissus riches en lignine de certaines graminées et céréales (**Ebringerová et Heinze, 2000**).

### c. Arabinoxylanes :

Les AX sont constitués d'un squelette linéaire de résidus xylopyranose liés en  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) (**Perlin, 1951**), sont substitués sur la position 3 ou sur les positions 2 et 3 par des unités de  $\alpha$ -L-arabinofuranose ( $\alpha$ -L-Araf) ; ils peuvent également contenir en faibles quantités d'autres unités telles que du D-galactose ( $\alpha$ -D-Galp), du L-rhamnose ( $\alpha$ -L-Rhap) et des acides uroniques, l'acide D-glucuronique ( $\alpha$ -D-GlcpA) et son dérivé méthylé (4-O-Me- $\alpha$ -D-GlcpA). On distingue les arabinoxylanes fortement branchés, solubles dans l'eau, des arabinoxylanes insolubles dans l'eau, qui sont très faiblement substitués. (**Rao et Muralikrishna, 2001**).

### d. Hétéroxylanes complexes

Les hétéroxylanes (CHX), présents dans les céréales, les graines, les exsudats ainsi que les mucilages, possèdent des structures très complexes qui rendent difficiles l'élucidation de leurs structures (**Stephen, 1983**).

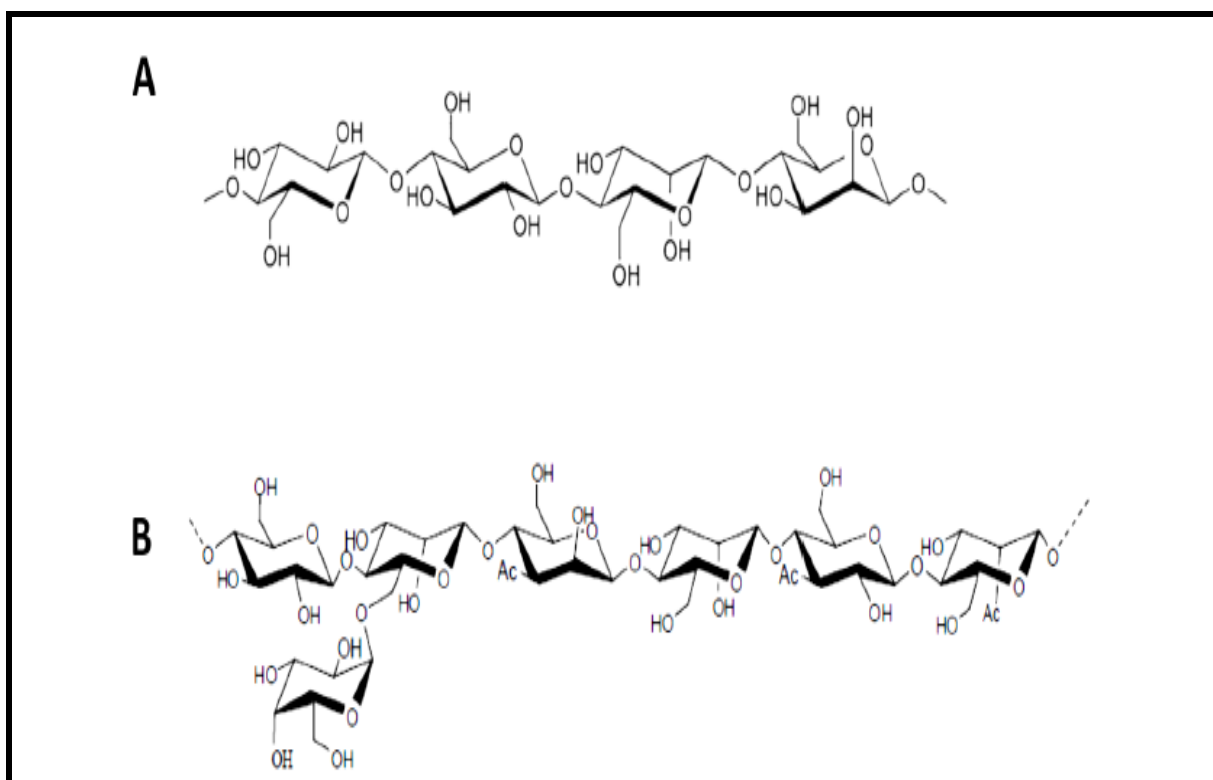
L'enchaînement classique de résidus D-Xylp liés en  $\beta$ -(1,4) est plus ou moins décoré par des monosaccharides terminaux et des chaînes oligosaccharidiques. Sont identifiées en général dans la littérature des substitutions par des résidus  $\alpha$ -L-Araf,  $\beta$ -D-Xylp,  $\alpha$ -D-Glcp en position(s) O-2 et/ou O-3, avec une variabilité très importante en termes de motifs de répétition, degrés de substitutions (**Pawar et Varkhade, 2014**).

#### I.2.1.2.4. Mannanes

Les mannanes peuvent être séparés en deux groupes comprenant les galactomannanes (GaM) et les glucomannanes (GM) et galactoglucomannanes (GGM). Les premiers, présents au sein de nombreuses graines végétales sont considérés comme des polysaccharides de stockage et non directement associés aux hémicelluloses. Les GM et GGM possèdent, quant à eux, un squelette carboné composé à la fois des résidus D-Manp liés en  $\beta$ -(1,4) et D-Glcp liés en  $\beta$ -(1,4), Les chaînes latérales peuvent être composées de résidus  $\alpha$ -D-Galp liés en position O-6 sur la chaîne principale de mannane, en différentes proportions selon les types de polymères. (**Stephen, 1983**).

## Première partie: Synthèse bibliographique

Les GM et GGM sont des composants communs au sein de la paroi cellulaire végétale. Chez le bois tendre, ils sont les constituants principaux de hémicellulose au sein de la paroi cellulaire secondaire tandis qu'ils sont beaucoup moins présents chez les feuilles. (Thomas *et al.* 1983) ont également suggéré leur présence dans la paroi cellulaire primaire de plantes supérieures. Les GGM sont en général la famille dominante dans les bois de résineux (De Cherisey, 2015). Les GM se composent également d'une séquence de Manp avec des branchements d'unités  $\alpha$ -Galp en position O-6 (Figure03).



**Figure 03.** Structure des (A) glucomannanes et (B) galactoglucomannanes (Mounguengui, 2008 ; De Cherisey, 2015).

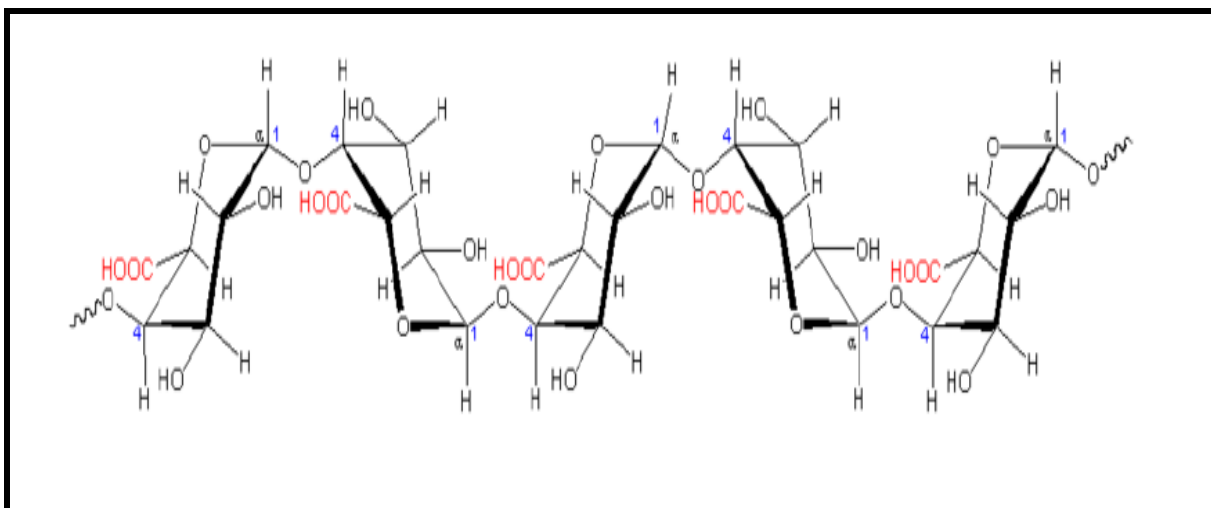
### I.2.1.2.5. $\beta$ -D-glucanes à liaisons mixtes

Les  $\beta$ -glucanes qui sont des homopolymères du D-glucose sont les glucides les plus abondants dans les parois cellulaires de plusieurs microorganismes tels que les champignons et les levures. (Chouana, 2017). Les  $\beta$ -D-glucanes à liaisons mixtes sont uniques aux plantes monocotylédones de l'ordre des Poales. Ils font partis de la composition hémicellulosique des grains de céréales au sein des parois cellulaires (Wood *et al.*, 2003). Ils sont composés d'unités D-Glcp reliées par des liaisons  $\beta$ -(1,3) et  $\beta$ -(1,4) (Ruff, 2008). La structure résultante est un polysaccharide majoritairement composé de cellotriosyles (58-72%) et de cellotetraosyles (30-34%) liés par des liaisons  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3) (Ebringerová, 2005).

### I.2.1.3. Pectines

Les Pectines forme la classe la plus complexe de polysaccharide (**Bayar *et al.*, 2017**) et l'un des composants majeurs des parois cellulaires primaires et cellulaires moyennes des plantes supérieures (**Chen *et al.*, 2019**). La pectine est un polymère d'acide galacturonique présent principalement dans les parois cellulaires végétales. Elle peut être extraite des pépins de fruits, de la pulpe et de l'écorce de pommes, d'agrumes, de betteraves sucrières, de tournesol ou encore d'algues. Il s'agit d'un polysaccharide anionique ramifié dont le poids moléculaire peut varier de 50 à 150 kilodaltons. Le squelette de la pectine est composé majoritairement d'unités d'acide D-galacturonique reliées par des liens glycosidiques  $\alpha$ -(1-4) qui peuvent être intercalés par des molécules de rhamnoses (**figure 04**).

La variabilité structurale des pectines en fait l'un des polysaccharides pariétaux les plus complexes. On peut les diviser en deux sous catégories: les substances pectiques acides (homogalacturonane, rhamnogalacturonane I et II) et les substances pectiques neutres (arabinanes, galactanes, arabinogalactanes) associées de manière covalente au sein de la macromolécule pectique (**Delattre, 2005**).



**Figure 04.**Structure de pectine (**Tilly, 2010**).

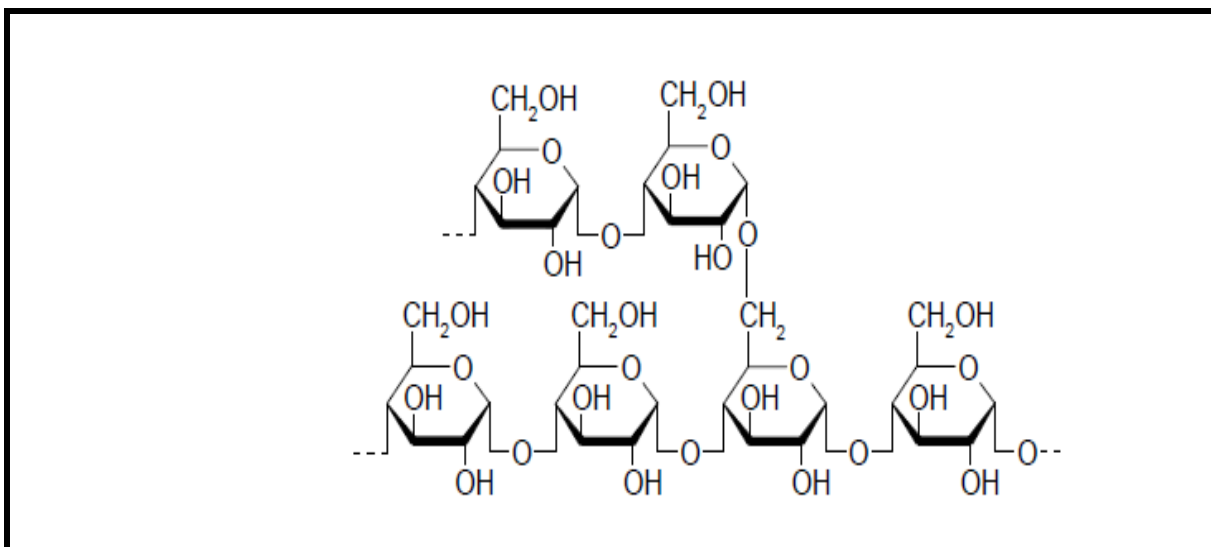
### I.2.2. Polysaccharide de réserve

#### I.2.2.1.-Amidon

L'amidon est un homopolymère de D-glucose. Les unités D-glucosyl sont liées majoritairement par des liaisons de type  $\alpha$  (1-4), et dans une moindre mesure (4 – 5 %) par des liaisons de type  $\alpha$  (1-6). L'amidon est composé de deux polymères de structure primaire différente, dont l'amylose, molécule linéaire, et l'amylopectine, molécule ramifiée (**Kara, 2010**).

### I.2.2.2.-Amylopectine

L'amylopectine est une molécule fortement ramifiée de D-glucopyranosyl liés en  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) et leurs branchements liés par  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6). L'amylopectine est l'une des plus grandes molécules présente dans la nature, d'un poids moléculaire de l'ordre de  $1.10^7$  à  $1.10^9$ g. mol<sup>-1</sup>. L'amidon est un excellent matériel pour les utilisations industrielles en raison de ses propriétés non toxiques, renouvelables et biodegradables (**Liu et al., 2015**).



**Figure 05.** Structure de l'amylopectine (**Ruiz, 2005**).

### I.2.3. Gommages et mucilages

Il s'agit de polysaccharides qui au contact de l'eau forment des gels ou des solutions colloïdales et il est nommé aussi les hydrocolloïdes. Les gomme sont insolubles dans les solvants organiques ce qui les différencie des résines. Elles sont fréquemment formées chez les rosales et les légumineuses. Les gommages sont fréquents chez les Rosaceae et les Fabaceae (gomme arabique, gomme adragante...), tandis que les mucilages sont obtenus principalement à partir des graines ou d'autres parties des plantes. Certains sont obtenus à partir d'algues, et à partir de microorganismes sélectionnés (**Hassan et al., 2015**).

Les mucilages sont des constituants cellulaires. Ils sont contenus dans des structures histologiques spécialisées. La composition du mucilage est caractérisée par la présence majoritaire d'une fraction polysaccharidique. Le polymère est un xylane au sein duquel on retrouve des liaisons 1 $\rightarrow$ 3 et 1 $\rightarrow$ 4. La chaîne principale est substituée en C2 et C3 par du L-arabinose, du D-xylose ou de l' $\alpha$ -1,2-galacturonyl-L-rhamnose, On en distingue deux types : les mucilages acides et neutres. Les mucilages neutres sont constitués de polysaccharides dérivés du mannose. Les mucilages acides sont retrouvés en grande majorité dans les plantes de la famille des Plantaginacées (**Bruneton, 2009**).

### I.3. Les Activités biologiques des polysaccharides

Les polysaccharides végétaux ont été largement étudiés pour leurs propriétés chimiques et leurs activités biologiques dans l'industrie alimentaire et médicale. Les activités biologiques d'un polysaccharide dépendent de sa structure moléculaire, y compris l'unité de sucre, la liaison glycosidique de la chaîne principale, le degré de polymérisation de la branche et la configuration de la chaîne (**Li et al., 2018**).

#### I.3.1. Activité antioxydante

L'oxydation est un processus métabolique indispensable dans de nombreux organismes vivants pour la production d'énergie nécessaire pendant les processus biologiques. Malheureusement, la production excessive de radicaux libres dérivés de l'oxygène, en particulier les espèces réactives de l'oxygène (ROS), y compris le peroxyde d'hydrogène, super oxyde et radical hydroxyle, a été rapporté à de nombreuses maladies, comme la polyarthrite rhumatoïde, le diabète sucré, la maladie d'Alzheimer, la néphrite, le cancer, et de nombreux autres troubles de la santé associés au vieillissement (**Chen et Kan, 2018**).

Les antioxydants sont l'ensemble des molécules susceptibles d'inhiber directement la production, de limiter la propagation ou de détruire les espèces réactives de l'oxygène Pour l'empêcher d'exercer leurs effets délétères (**Favier, 2003 ; Pincemail et al., 2009**). Les défenses antioxydants reposent sur des systèmes enzymatiques (superoxydes dismutases [SOD], catalase, glutathion peroxydase) et non enzymatiques (vitamines C et E, polyphénols, etc.). Le système de détection est basé sur le peroxyde d'hydrogène produit par une famille d'enzymes (SOD). (**Papa et al., 2014**).

L'organisme humain possède un système enzymatique, constitué principalement de trois enzymes: la superoxyde dismutase (SOD), la catalase et la glutathion peroxydase (GP). La Superoxyde dismutase est une enzyme localisée dans le cytosol et les mitochondries. Elle a trois co-facteurs : Cu et Zn dans le cytosol, Mn dans les mitochondries. Elle catalyse la dismutation de l'anion superoxyde ( $O_2^-$ ). La SOD transforme l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène qui est éliminé par la glutathion peroxydase ou la catalase, empêchant ainsi la formation de RLO plus agressifs comme la peroxynitrite ou le radical hydroxyle. La glutathion peroxydase est localisée dans le cytosol et la matrice mitochondriale. Elle dégrade des peroxydes organiques et du peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) et empêche la formation des radicaux libres oxygénés (**Afonso et al., 2007**).

La catalase est une enzyme héminique essentiellement présente dans les peroxysomes, les érythrocytes, les hépatocytes, le cerveau et les reins (**Beaudeau et Geneviève, 2011**). Elle

## Première partie: Synthèse bibliographique

---

est capable de transformer le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire. C'est l'une des premières enzymes purifié et cristallisé qui a attiré beaucoup d'attention dans ces dernières années en raison de son lien avec le cancer, le diabète et le vieillissement chez les humains et les animaux (**Yang et Poovaiah, 2002 ; Ahuir et al., 2017**).

La vitamine C (Vit C) empêche l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) produites par divers systèmes générateurs des ROS (neutrophiles activés, cellules endothéliales activées, myéloperoxydase) (**Guilland, 2007**). Les polysaccharide isolée à partir de *Sichuan paocai* deux fractions d'EPS (EPS-1 et EPS-3)représentent deux hétéro-polysaccharides, EPS-1 constitués de mannose, glucose, galactose, arabinose, xylose et rhamnose, tandis que EPS-3 constitués de galactose, mannose, glucose et arabinose. l'étude *in vitro*, montre que ces deux fraction (EPS-1 et EPS) de fortes activités de piégeage sur trois types de radicaux libres et une puissance réductrice, et les activités antioxydants d'EPS-1 étaient significativement plus fortes que celles d'EPS-3 (**Zhu et al., 2018**). *Angelica sinensis* Diels, une plante médicinale chinoise de la famille des Umbellifères, Les polysaccharides issus dans cette espèce ont montré une forte activité antioxydant. En effet, la capacité de piégeage des radicaux DPPH (2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyle), l'activité piégeant des radicaux anions superoxydes, des radicaux hydroxyles, montrent que ces polysaccharides sont des antioxydants efficaces *in vitro* (**Tian et al., 2016**). Un polysaccharide hydrosoluble de poids moléculaire moyen de  $1,92 \times 10^5$  Da est isolé à partir du fruit du gombo, contenant mannose, galactose, arabinose, xylose, fructose et rhamnose. l'études essais *in vitro* révéla que ce polysaccharide possède une activité antioxydant contre les radicaux DPPH, hydroxyle et anions superoxydes (**Wang et al.,2018**).

Les polysaccharides du Ginseng augmentent la transcription, l'expression protéique et l'activité de la glutathion peroxydase et de la superoxyde dismutase, et normalisent l'expression de l'hème oxygénase (**Han et al., 2005**). La glutathion peroxydase transforme les hyperoxydes organiques type ROOH en ROH, elle transforme donc des molécules toxiques en molécules assimilables. Le superoxyde dismutase est un métallo protéinase, elle catalyse la dismutation du superoxyde en oxygène et peroxyde d'hydrogène. Elle lutte donc contre les radicaux libres. L'hème oxygénase dégrade l'hème (présent par exemple dans l'hémoglobine). Ce sont des enzymes clés des défenses antioxydants (**Revillard, 2011**).

### I.3.2. Activité anti-inflammatoire

L'inflammation est un processus physiologique complexe de défense utilisée par l'organisme, après une agression étrangère, vasculaire et tissulaire, vis à éliminer ou isolé l'agresseur et maintenir l'intégrité des tissus infectés. L'inflammation est un état morbide caractérisé par les signes cardinaux suivants : chaleur, douleur, rougeur et tuméfaction de la partie malade (**Sarkhel, 2015**). Elle est déclenchée par la libération de médiateurs chimiques des tissus lésés et des cellules en migration. Le processus inflammatoire comprend l'activation des phagocytes conduisant à la libération de médiateurs chimiques tels que les prostaglandines, le facteur de nécrose tumorale et les interleukines (**Shehata et al., 2018**). Les cellules immunitaires fixes par les récepteurs détectent immédiatement les agents pathogènes. L'activation de récepteurs pathogènes spécifiques induisent la production de médiateurs inflammatoires tels que les cytokines inflammatoires [par ex. tumeur facteur de nécrose (TNF), interleukine-1 (IL-1) et interleukine-6 (IL-6)] et les chimiokines. Ces médiateurs accélèrent rapidement la progression de l'inflammation à travers la modification de la perméabilité endothéliale vasculaire ainsi que le recrutement de neutrophiles et excès de plasma (contenant des anticorps et facteurs de complément) dans le site de l'infection. Au même temps, les agents pathogènes envahisseurs sont ciblés et détruits par les cellules immunitaires (**Medzhitov, 2010**).

Les médicaments couramment utilisés pour la gestion des affections inflammatoires, C'est le cas de l'utilisation des substances anti inflammatoires. Ces dernières appartiennent à des classes chimiques très variées, elles agissent de façon symptomatique sur l'agent agresseur, elles sont divisées en trois grandes classes : les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), les anti-inflammatoires stéroïdiens(AIS) et les anti inflammatoires d'origine végétale.( **Alagammal et al.,2017**).

Une étude visait à évaluer l'effet de la modification sulfatée sur les activités anti inflammatoires et anti-oxydantes des polysaccharides de *Cyclocarya paliurus* (CP). Le S-CP1-4 inhibe la production d'oxyde nitrique, l'activité phagocytaire et la libération d'interleukine (IL) -6 et d'IL-1 $\beta$  dans les macrophages traités au lipopolysaccharide. S-CP1-4 pourrait mieux protéger le foie en inhibant les activités de l'alanine aminotransférase et de l'aspartate aminotransférase, et le niveau de malondialdéhyde tout en augmentant l'activité superoxyde dismutase et la capacité antioxydant totale. Le S-CP1-4 peut être un agent anti-inflammatoire efficace, et la modification sulfatée peut être une méthode fiable pour le développement de compléments alimentaires (**Wang et al., 2017**).

### I.3.3 Activité immunostimulante

Les polysaccharides pectiques sont parmi les constituants principaux de la paroi cellulaire des plantes et sont l'une des classes les plus complexes des polysaccharides. Beaucoup de polysaccharides pectiques de plantes, de bactéries, de lichens et de champignons exercent sur le système immunitaire humain. Certains de ces polysaccharides pectiques sont acides ou neutres. Plusieurs articles récents ont décrit la caractérisation et l'immuno-modulation des polysaccharides pectiques isolées dans diverses plantes utilisées en médecine traditionnelle, variant du système de complément aux activités prolifératives des cellules B. Les activités immunologiques des pectines acides et des pectines neutres sont composées d'arabinanes, d'AG et de galactanes, les polysaccharides des racines d'*Entada africana* Guill. (Mimosaceae) montrent que ces polysaccharides sont les arabinogalactanes (AG) AG-I et II et présentent une activité biologique sur le système du complément. Plusieurs travaux montrent que les pectines acides comme les homogalacturonanes (HG), rhamnogalactanes présentent des activités biologiques sur les macrophages, lymphocytes-T et sur les cellules natural killer. Les polysaccharides hémicellulosiques, de plantes comme *Plantago major* L. (Plantaginaceae) dont le complexe hétéroxylane présente une activité anticomplémentaire ou *Plantago asiatica* L dont les graines contiennent les xylanes acides qui ont une activité sur le système du complément. (Angone et al., 2010). L'activité immunomodulatrice des  $\beta$ -glucanes est associée à l'induction de la production du facteur de nécrose tumorale alpha (TNF- $\alpha$ ), d'interféron  $\gamma$ , d'interleukine 8 (IL-8). Elle se traduit également par l'activation des macrophages et des lymphocytes T cytotoxiques (El Enshasy et Hatti-Kaul, 2013).

### 1.3.4. Activité antiviral

Les polysaccharides sulfatés solubles dans l'eau isolés de deux algues rouges *Sphaerococcus coronopifolius* (Gigartinales, Sphaerococcaceae) et *Boergeseniella thuyoides* (Ceramiales, Rhodomelaceae) collectés sur la côte du Maroc ont inhibé la réplication in vitro du virus de l'immunodéficience humaine (VIH) à 12,5  $\mu\text{g} / \text{mL}$ . De plus, les polysaccharides étaient capables d'inhiber la réplication in vitro du virus Herpès simplex de type 1 (HSV-1), des valeurs de IC50 de 4,1 et 17,2  $\mu\text{g} / \text{mL}$ , respectivement. L'étape d'adsorption du HSV-1 sur la cellule hôte semble être la cible spécifique de l'action des polysaccharides. Alors que pour le VIH-1, ces résultats suggèrent un effet inhibiteur direct sur la réplication du VIH-1 en contrôlant l'apparition des nouvelles générations de virus et l'effet virucide potentiel. Les polysaccharides est composés de galactose, 3,6-anhydrogalactose, acides uroniques, sulfate. (Bouhlal et al., 2011).



### 1.3.5. Activité anti-tumorale (anticancéreuse)

Les effets anti-tumorales des polysaccharides extraits de racine *Senecio scandens Buch, Ham* (Asteraceae) a été évalué sur le carcinome hépatocellulaire. Les polysaccharides de la racine de *Senecio scandens Buch*, (PRS) -Ham. a montré un effet inhibiteur significatif sur les cellules H22 les lignées cellulaires hépatiques s'étaient obtenues de la Collection Type Culture Académie chinoise des sciences Chine, et a inhibé significativement la croissance des tumeurs H22 transplantées chez la souris. Le traitement avec PRS a régulé de manière significative les expressions de Bax, caspase 3 et caspase 9 dans les cellules H22, alors que protéines liées à l'apoptose était significativement régulée à la baisse. significative sur la lignée cellulaire H22 *in vitro* et *in vivo*, et le mécanisme peut être étroitement lié à l'induction de l'apoptose médiée par les mitochondries (**Dou et al., 2016**).

L'étude des activités anti-tumorales de polysaccharides tels que les arabinogalactanes (AG) extraits de racines de *Angelica sinensis* AG inhibe la prolifération de différentes cellules cancéreuses issues du col de l'utérus (cellules HeLa : lignée cellulaire cancéreuse) et de poumon humain (cellules A549 : lignée cellulaire cancéreuse). L'*Angelica sinensis* étaient capable d'inhiber la croissance des tumeurs chez la souris. AG extraits d'écorce d'*Endopleura uchi* pouvaient inhiber la prolifération de cellules cancéreuses HeLa issues du col de l'utérus (**Bento et al., 2014**).

L'AG extrait de *Larix europaea* avait un effet inhibiteur sur la colonisation des cellules tumorales hépatiques dans deux modèles de tumeurs animales. L'AG bloquait spécifiquement les lectines des hépatocytes. L'activité anticancéreuse de l'AG extrait d'*Anoectochilus formosanus* a été évaluée sur un modèle du cancer du côlon de souris (**Yang et al., 2014**), l'AG permettait de réduire la masse et la taille de la tumeur cancéreuse. L'angiogénèse joue un rôle essentiel dans le développement des tumeurs cancéreuses et Bloquer les mécanismes de l'angiogénèse dans la tumeur permet donc de limiter la progression du cancer (**Wang et al., 2015**).

### 1.3.6. Activité antibactérienne

Les substances antimicrobiennes sont définies comme étant des substances utilisées pour détruire les micro-organismes ou empêcher leur croissance, y compris les antibiotiques et autres agents antibactériens et antifongiques. Ces substances synthétiques ont été employées couramment. Cependant, en raison du souci croissant des consommateurs aux denrées contenant de tels additifs chimiques, la recherche des additifs naturels, particulièrement d'origine végétale, a notamment augmenté ces dernières années. Par

## Première partie: Synthèse bibliographique

---

conséquent, le développement des produits naturels possédant une activité antibactérienne s'avère nécessaire et utile (**Bouguerra, 2012**).

L'extrait aqueux *Erygium foetidum* qui est une appartenant à la famille des Apiaceae présente une activité antibactérienne à large spectre mais n'a pas d'activité antifongique. De ce fait, l'extrait queux des feuilles de cette plante peut être utilisée comme un antibactérien contre les infections bactériennes des régions tropicales. (**Yala et al.,2016**)

L'activité antibactérienne in vitro des extraits de *Padina pavonica*, récoltée sur les côtes méditerranéenne. ont révélé que l'extrait présente une activité importante contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Esherichia coli* alors qu'aucune activité n'a été enregistré contre *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaricus* et *Enterococcus faecalis.*, (**Chbani et al.,2011** )

L'extrait d'*Ulva armoricana* avait une activité antibactérienne contre des agents pathogènes rencontrés dans les élevages. Cet extrait pourrait donc être utilisé dans l'alimentation des animaux d'élevage pour inhiber la croissance de certaines bactéries et stimuler la réponse immunitaire pour augmenter la résistance des animaux aux infections et réduire l'utilisation des antibiotiques (**Slugocki et al., 2015**).

### I.4.Généralités sur la famille des Apiacées

Les Apiacées anciennement appelées Umbellifères, est une famille de plantes appartenant à la classe des Magnoliopsida (Dicotylédones). Elle est composée de 1400 espèces réparties en 300 genres environ, répandues sur presque tout le globe, mais surtout dans les régions tempérées de l'hémisphère boréal. C'est une famille relativement homogène, caractérisée notamment par son inflorescence typique, l'ombelle. Il s'agit de plantes herbacées, annuelles, bisannuelles ou vivaces, parfois arbustives. Les feuilles sont alternes, composées, rarement simples. Souvent, les pétioles sont élargis à leur base, engainant la tige. La tige est souvent creuse. Les fleurs sont réunies en ombelles simples ou composées, munies de bractées appelées involucelles à la base. Elles comptent 5 pétales et 5 étamines et un ovaire à deux loges. Les fruits sont formés de 2 méricarpes accolés à un axe central, le carpophore, se séparant à maturité. Chaque méricarpe présente deux faces : commissurale (plane) et dorsale (convexe). La face dorsale porte au moins 5 côtes séparées par 4 vallécules contenant des canaux sécréteurs courts (bandelettes) (**Coste et al., 1998**).

### I.4.1. *Ferula vesceritensis*

#### I.4.1.1. Description botanique de *Ferula vesceritensis*

Elle a une taille supérieure à 1 mètre. En été, elle n'est représentée que par une rigide tige creuse. Feuilles à divisions allongées, droites. Fleurs vertes, à pétales larges portant des poils sur leurs nervures dorsales. Fruits ovales, à sommets pointus et portés par des pédoncules plus courts qu'eux (Ozenda, 1991 ; Quezel et Santa, 1963).

#### I.4.1.2. Classification botanique

**Tableau 03:** Classification botanique de *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur.

<b>Embranchement</b>	<b>Spermatophytes</b>
<b>Classe</b>	<b>Eudicots</b>
<b>Ordre</b>	<b>Apiales</b>
<b>Famille</b>	<b>Apiaceae</b>
<b>Genre</b>	<b><i>Ferula</i></b>
<b>Espèce</b>	<b><i>Ferula vesceritensis</i> Coss. &amp; Dur.</b>
<b>Noms vernaculaires</b>	<b>Kalkha</b>

#### I.4.1.3. Répartition géographique

Le genre *Ferula*, appartenant à la famille *Apiaceae* présentes de l'Asie centrale vers l'ouest à travers le Région méditerranéenne à l'Afrique du Nord. L' espèce *Ferula vesceritensis* se retrouve dans la partie orientale de l'atlas saharien, et du Sahara septentrional (Benchabane *et al* .,2012).

#### I.4.1.4. Utilisations traditionnelles de *Ferula vesceritensis*

Les fruits de *F. vesceritensis* sont utilisés en médecine traditionnelle comme infusion pour traiter les maux de tête (la migraine), la fièvre, les infections de la gorge, les angines, le cancer et les maladies inflammatoires (Oughlissi-Dehak *et al.*, 2008 ; Zellagui *et al.*, 2012).

### I.5. Les bactéries étudiées

#### I.5.1. *Escherichia coli*

C'est une bactérie à Gram négatif, commensal du tube digestif de l'homme et de l'animal, (**Kaper et al., 2004**), de forme non sporulée, de type aérobie facultative, généralement mobile grâce aux flagelles, sa longueur varie de 2 à 6  $\mu\text{m}$ , alors que sa largeur est de 1,1 à 1,5  $\mu\text{m}$ , *E. coli* représente la bactérie la plus impliquée dans les infections aiguës d'appareil urinaire, elle provoque également les diarrhées d'été, diarrhée infantile et les intoxications alimentaires (**Percival, 2004**).

#### I.5.2. *Staphylococcus aureus*

Ce sont des cocci Gram positif avec un diamètre de 0,5 à 1,5  $\mu\text{m}$ , de forme non sporulée, qui tendent à se grouper en paires, petites chaînes, elles sont habituellement non capsulée, ou possédant des capsules limitées, elles sont anaérobies facultatives. *Staphylococcus aureus* représente l'agent commun des infections postopératoires de blessures, endocardite aiguë, intoxication alimentaire (**Dworkin et Falkow, 2006**).

#### I.5.3. *Pseudomonas aeruginosa*

Ce sont des bacilles Gram négatif, de forme non sporulée, elles sont aérobies, mobiles grâce à la présence de 1 à 2 flagelles, ce type de bactérie synthétise de types principaux de pigments pyocyanine : bleue phénazine, pyoverdine: jaune vert, il s'agit de bactéries résistantes pour plusieurs antibiotiques (**Percival, 2004**). *Pseudomonas aeruginosa* est responsable de 16% des cas de pneumonie nosocomiale, 12% des infections urinaires, 8 % des infections suites aux blessures chirurgicales (**Van Delden et Iglewski, 1998**).

# **Deuxième partie**

## **PARTIE PRATIQUE**

# **Chapitre I**

## **Matériel et méthodes**

### I . Principe adoptée

La méthodologie du travail porte sur le matériel d'étude et l'étude des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur. , l'extraction d'extrait brut, la détermination de leur composition en protéines, en oses totaux, en oses neutres et les tests biologiques dont l'activité antioxydant, et l'activité anti-inflammatoire, et l'activité antibactérienne sont testées.

#### I.1. Choix de plante

La plante de la présente étude est une plante de la famille des Apiaceae, il s'agit de *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur., elle est choisie à la base d'une recherche bibliographique méticuleuse qui a montré que cette espèce végétale n'est pas étudiée tant qu'une source des polysaccharides mais comme source des huiles essentielles.

#### I.2.Récolte et parties étudiées

Les échantillons frais des inflorescences *Ferula vesceritensis* sont récoltés au printemps en 2019, à la route de Oulad Djalal - El-Baadj, (Sahara septentrional Algérien ) qui située sud-ouest de Biskra. Qui loin de 126 km de El oued et 97,3km de Biskra et Les échantillons récoltés sont séchés et conservés à une température ambiante.

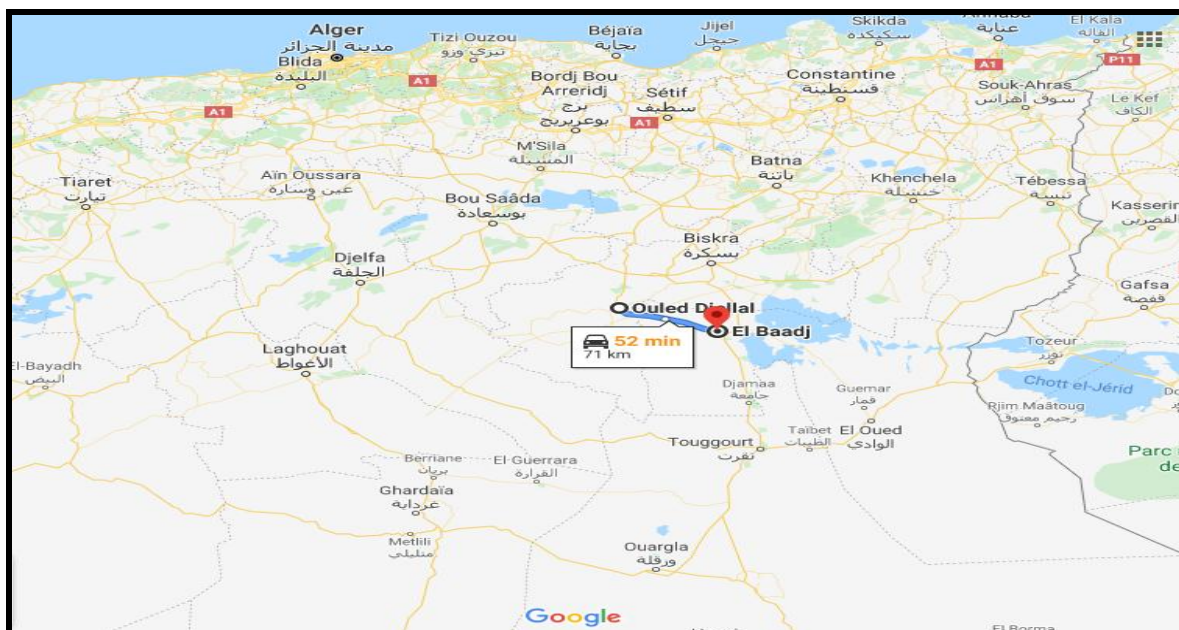


Figure 06. Représentation de la route Oulad Djalal ( Biskra ) - El-Baadj

( Google Map ,2020).

Dans le présent travail, la partie utilisée pour l'extraction et l'étude des polysaccharides hydrosolubles, est les inflorescences de *F. vesceritensis* Coss. & Dur. (**Figure 07**).



**Figure 07.** L'inflorescence de *Ferula vesceritensis* Coss. & Dur.

### I.3. Matériel d'étude

#### I.3.1.-Matériel biologique

Il se constitue d'une espèce des plantes spontanées de *Ferula vesceritensis*. Le sang humain, et les souches bactériennes utilisées dans l'essai antimicrobien sont : *Escherichia coli* ATCC 10536, *Staphylococcus aureus* ATCC 9144, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27835.

#### I.3.2. produits chimiques et appareillages

Les produits chimiques et les appareillages utilisés au cours de l'expérimentation sont cosignés dans les tableaux (**Annexes 01et 02**).

### I.4. Méthode d'étude

Dans cette partie, il est développé les étapes d'extraction, les dosages colorimétriques et les tests biologiques effectués.

#### I.4.1. Extraction des polysaccharides

10 grammes de poudre sont prétraités quatre fois par 2 volumes d'éther de pétrole (**Wang et al., 2013**) pour éliminer les lipides pendant 5 heures à la température ambiante avec une agitation constante et douce. Les résidus sont séchés après filtration à l'abri de la lumière et à



## Chapitre I : Matériel et méthodes

---

la température ambiante. Les inflorescences ainsi séchées sont macérées dans l'eau distillée (**Chidouh et al., 2014**) pendant 2 heures à 80°C et sous agitation constante. L'extraction est répétée trois fois. Après une centrifugation à 4000 rpm pendant 15mn (**Chen et al., 2010**), les trois surnageant sont réunis et concentrés. Après une filtration sur papier filtre, le filtrat récupéré est précipité par addition de trois volumes d'éthanol à 95% à 4 °C pendant une 24heur (**Wang et al., 2017**). Les culots obtenus, après une centrifugation à 3500 rpm pendant 10 mn (**Zhang et al., 2010**), sont lavés avec l'acétone trois fois (**Li et al., 2018**). Les polysaccharides obtenus sont séchés à température ambiante (**Bahramzadeh et al., 2018**), pour obtenir un extrait brut de polysaccharides hydrosolubles.

### I.4.1.1. Calcule du rendement

Le rendement en polysaccharide a été calculé comme suit (**Jing et al., 2017**) :

$$R(\%) = \frac{\text{Poids de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles (g)} \times 100}{\text{Poids de la poudre sec de la plante(g)}}$$

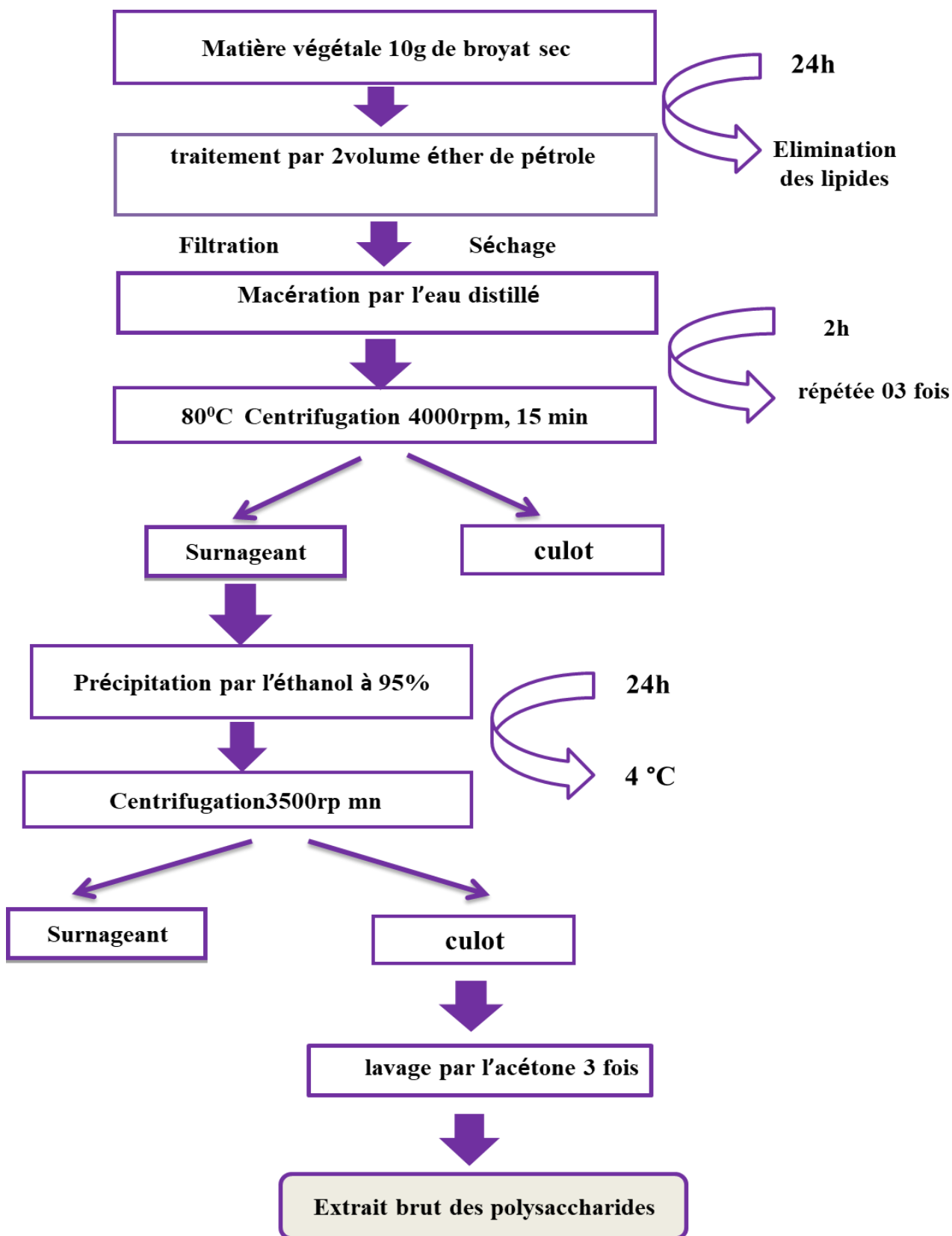


Figure 08. Schéma général des différents étapes de l'extraction des polysaccharides

### I.4.2 Composition de l'extrait polysaccharidiques

L'étude de la composition de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles consiste à déterminer les teneurs en oses totaux, en oses neutres, et la teneur en protéines, par des dosages colorimétriques.

#### I.4.2.1. Dosages des oses totaux

La teneur en oses totaux dans l'extrait brut polysaccharidique de *Ferula vesceritensis* est déterminée selon la méthode de (Dupois *et al.*, 1956). En présence de l'acide sulfurique concentré. Les oses sont déshydratés en composés de la famille de dérivés furfuraliques. Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé. La teneur en oses totaux est déterminée par spectrométrie à une longueur d'onde de 490 nm par référence à une gamme étalon de glucose (Boual *et al.*, 2013; Du *et al.*, 2016 ; Akram *et al.*, 2017). (Annexe 03)

##### I.4.2.1.1. Principe

Les oses et leurs dérivés méthyles réagissent avec le phénol et l'acide sulfurique concentré pour donner un produit de coloration jaune orangée stable pendant plusieurs heures, le maximum d'absorption se situe à 490nm pour les hexoses et à 480 nm pour les pentoses (Dupois *et al.*, 1956).

##### I.4.2.1.2. Mode opératoire

Dans des tubes en verres placer un mélange de 200µl d'échantillon et 200µl de phénol 5%. Après homogénéisation, 1ml d'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (96%), est rapidement introduit dans le milieu réactionnel. Les tubes sont ensuite incubés à 100°C pendant 5 mn, puis ils sont laissés 30 mn à température ambiante et à l'abri de la lumière. L'absorbance est mesurée à 492 nm (Brudieux, 2007; Ruiz, 2005; Genestie, 2006).

#### I.4.2.2. Dosage des oses neutres

Pour la détermination des concentrations des oses neutres dans les extraits bruts, il est fait appel aux méthodes de (Monsigny *et al.* 1988). (Annexe 03)

##### I.4.2.2.1. Principe

En milieu acide et à chaud, les oses neutres produisent des dérivés du furfural (dérivés aldéhydiques du furane) qui se condensent avec le résorcinol pour donner un complexe de couleur brun jaune (Dupois *et al.*, 1956).

- ✓ Préparation des réactifs
- ✓ Préparation de la solution du résorcinol 0,6%

La solution est préparée avec 0,3g du résorcinol dans 50ml d'eau distillée selon la méthode de (Monsigny *et al.*, 1988) modifiée.

### I.4.2.2.Mode opératoire

Deux cent (200) microlitres de solution à doser sont mis dans des tubes en verre; 200 µl de solution résorcinol sont ajoutés, puis 1 ml d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à 96% est rapidement introduit dans le milieu réactionnel. Après agitation les tubes sont incubés à l'étuve à 90°C, pendant 30 mn jusqu'à l'apparition d'une couleur jaune brun. Après refroidissement dans un bain de glace pendant 30 mn et à l'abri de la lumière, l'absorbance est mesurée à 480 nm (Monsigny *et al.*, 1988).

### I.4.2.3.Dosage des protéines

La concentration en protéines a été déterminée par la méthode de (Bradford *et al.* 1976). (Annexe 3).

#### I.4.2.3.1.Principe

La méthode de Bradford est basée sur le changement de couleur du bleu de Coomassie lorsqu'il se complexe avec les acides aminés basiques, (arginine, histidine, lysine) et les acides aminés hydrophobes présents dans les protéines. Les formes cationiques (libres) du colorant sont rouge-marron. La forme anionique du réactif correspond à la forme liée avec les protéines. L'absorbance de ce complexe est mesurée à 595 nm. L'absorbance est proportionnelle à la quantité de protéines dans l'échantillon.

#### I.4.2.3.2.Mode opératoire

Dans des tubes en verre, il est additionné un volume 400ul de solution à doser, puis 2ml de réactif de coomassie. Le mélange est homogénéisé pendant 30 secondes. L'absorbance est mesurée à 595 nm après 2mn. La coloration est stable pendant une heure (Bradford, 1976).

### I.5. Activités biologiques des extraits bruts polysaccharidiques

#### I.5.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante totale de l'échantillon a été déterminée en utilisant un test DPPH par la méthode rapportée de (Yang *et al.*, 2013).

##### I.5.1.1. Principe

Dans le test du DPPH, les antioxydants réduisent le radical DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) ayant une couleur violette en un composé jaune (diphénylpicryl-hydrazine) dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à donner des protons (Sanchez-Moreno, 2002). Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Du fait de cette délocalisation, les molécules du radical ne forment pas des dimères, de DPPH.

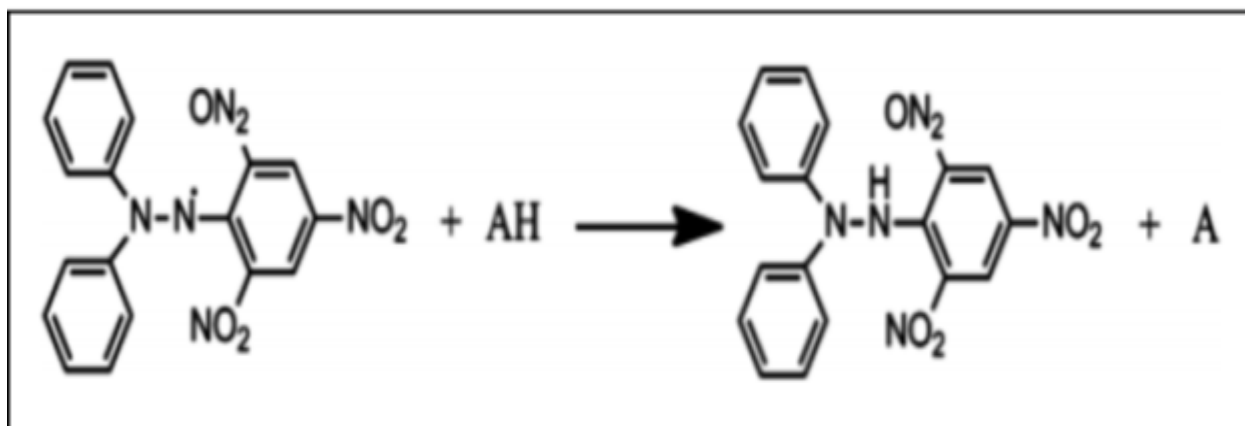


Figure 09 . La réduction de test DPPH (Sirivibulkovit *et al.*, 2018).

##### I.5.1.2. Mode opératoire

Dans la présente étude, ce test a été évalué suivant le protocole appliqué en El aabid, (2009). Brièvement, 800  $\mu$ l d'une solution méthanolique de DPPH (4%) a été mélangé avec 200  $\mu$ l de différentes dilutions des extraits de plante (0-1000  $\mu$ g/ml). Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 30 minutes. Puis l'absorbance est mesurée à 517 nm contre un témoin composé de 800  $\mu$ l de la solution de DPPH et de 200  $\mu$ l de méthanol.

Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons et pour chaque concentration, le test est répété 3fois. La décroissance de l'absorbance est

mesurée au spectrophotomètre et le % PI (pourcentage d'inhibition) est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\%PI = [(Abs\ contrôle - Abs\ échantillon) / Abs\ contrôle] \times 100$$

La réalisation de la cinétique de cette activité permet de déterminer les concentrations qui correspondent à 50 % d'inhibition (IC<sub>50</sub>); la valeur d'IC<sub>50</sub> la plus faible correspond à l'efficacité de l'extrait la plus élevée. La valeur de l'IC<sub>50</sub> est exprimée en µg/ml (Laraba *et al.*, 2016).

### I.5.2. Activité anti-inflammatoire

Pour mettre en évidence de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait polysaccharidique, nous sommes réalisé le test *in vitro* de l'inhibition de la dénaturation des protéines et la méthode de stabilisation membranaire des globules rouges.

#### I.5.2.1. Méthode de l'inhibition la dénaturation des protéines

##### I.5.2.1.1. Principe

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

##### I.5.2.1.2. Extraction de l'ovalbumine

L'ovalbumine a été extraite à partir du blanc d'œuf de poule selon la méthode décrite par (Datta *et al.*, 2009). Un œuf frais a été cassé et le jaune est séparé du blanc, le blanc d'œuf a été récupéré dans un bécher mis dans un bain de glace et mélangé à 50ml du tampon phosphate (0,1M, PH=6,6) puis homogénéisé sous agitation magnétique pendant 5mn, ensuite l'homogénat obtenu a été centrifugé à 3000 rpm (4°C) pendant 5 mn, le surnageant obtenu a été filtré à travers une bande de gaze pour éliminer le précipitant. Enfin le filtrat obtenu, a été partagé dans des aliquotes de volume de 2 à 2,5ml puis stockés à -20°C.

##### I.5.2.1.3. Mode opératoire

La solution d'essai (2,5 ml) est composée de 0,1 ml d'albumine (à partir des œufs frais de poule), 1,4 ml de tampon de phosphate saline (PBS, pH 6,4) et 1 ml de concentrations variables de l'extrait ou de la solution standard (diclofénac de sodium). Ainsi, les concentrations finales deviennent 125, 250, 500, 1000 µg/ml. Les mêmes volumes sont pris pour le contrôle (eau distillé). Ensuite, les échantillons sont incubés à 37°C pendant 15 min au bain marin et puis à 70°C pendant 5 min. Après refroidissement, leur absorbance est mesurée à 660 nm par le spectrophotomètre UV/visible. Les résultats sont comparés avec le diclofénac

de sodium (**Chandra et al., 2012**). Le pourcentage d'inhibition de dénaturation a été calculée en utilisant la formule suivante: (**Osman et al., 2017**).

$$\%D'inhibition = (Vt / Vc - 1) \times 100$$

Vt = absorbance moyenne de l'échantillon à tester.

Vc = absorbance moyenne de control.

### I.5.2.2. La méthode de stabilisation membranaire des globules rouges

#### I.5.2.2.1. Principe

Le principe de cette méthode est basé sur la capacité des extraits à empêcher l'hémolyse des GR humaine, induite par l'hypotonie et la chaleur et donc prévenir la libération de l'hémoglobine. Ce test a été réalisé selon la méthode décrite par (**Sadique et al., 1989 ; Oyedapo et al., 2004**).

Le sang a été prélevé chez un donneur humain en bonne santé ne consommant aucun médicament stéroïdien depuis deux semaines. Le sang a été soumis à une centrifugation et le surnageant a été soigneusement pipeté à l'aide d'une pipette stérile. Les cellules emballées ont été remises en suspension avec un volume égal de sérum physiologique normal (pH 7,4) et centrifugés à nouveau. Le processus a été répété quatre fois jusqu'à ce que les surnageant seront clairs (**Gadamsetty et al., 2013**).

#### I.5.2.2.2. Mode opératoire

4,5 ml de mélange réactionnel constitué de 2 ml de solution saline hypotonique (0,25 % NaCl) , 1 ml de tampon phosphate de sodium (pH :7,4) et 1 ml d'extrait ont été dissous dans du sérum physiologique normal . Ensuite, 0,5 ml de HRBC a également été ajouté . Le mélange a été incubé à 56 ° C pendant 30 minutes . Les tubes ont été refroidis sous courant de l'eau pendant 20 minutes et le mélange a été centrifugé à 3000 tr / min , les surnageant ont été séparés lus à 560 nm (**Gadamsetty et al., 2013**) . Le diclofénac sodique a été utilisé comme médicament de référence. Dans la solution de contrôle au lieu de hypo saline , 2ml de l'eau distillée a été ajoutée . Dans les mêmes conditions et les mêmes démarches expérimentales, un contrôle incluant 0.4 ml de la suspension de globules rouges et 1.6 ml d'eau physiologique ou de l'eau distillé, à la place de l'extrait, a été préparé pour vérifier l'état des globules rouges ou le 100 % d'hémolyse, respectivement.

Le pourcentage d'hémolyse et de stabilisation ou de protection de la membrane a été calculé en utilisant la formule suivante; (Ukwuani-Kwaja ,2015)

- % d'hémolyse = (densité optique de l'échantillon à tester/ densité optique du contrôle) X 100%
- %Protection = 100 - [(densité optique de l'échantillon à tester / densité optique du contrôle) X 100%]

### I.5.3.Activité antibactérienne

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été réalisée par la méthode de diffusion de disque où les disques sont imbibés de 10 µl de chaque extrait (Sokmen *et al.*, 2004).

#### I.5.3.1.Principe

La méthode de diffusion dans la gélose (agar) est particulièrement adaptée à l'étude de l'action de l'antibiotique sur la croissance des bactéries. Elle permet de déterminer leurs antibiogrammes qui rendent compte de la sensibilité spécifique des différentes espèces bactériennes vis-à-vis d'antibiotiques donnés. Elle consiste à des boîtes pétries contenant un milieu gélose convenable, déjà solidifié et inoculé de la souche microbienne testée Les disques d'antibiotiques sont alors placés en surface de la gélose. La méthode de diffusion en milieu solide (milieu Muller- Hinton) pour l'activité antibactérienne. De ce fait, chacun des disques de papier Wattman stérile N ° 3 et de diamètre 6 mm (Bousseboua, 2002).

#### I.5.3.2.Préparation du milieu de culture

Le milieu de culture approprié à cette étude est le milieu Muller-Hinton préparé comme suit : Dissoudre 38 g de la gélose Muller-Hinton dans un litre d'eau distillée. Faire bouillir avec agitation jusqu'à dissolution complète, puis auto-claver pendant 15 minutes à 121°C et finalement couler le milieu dans les boîtes de Pétri. (Harrar, 2012).

#### I.5.3.3.Revivification des souches bactériennes

La revivification des souches est une étape nécessaire avant leur utilisation car leur activité biologique est nulle. Donc, elle a pour but l'obtention d'une culture jeune et pure. Elle consiste à ensemercer en stries la surface de la gélose nutritive préalablement coulée et solidifiée dans les boîtes de Pétri quelques colonies des souches conservées à 4°C (milieu gélose nutritif pour les bactéries). Les boîtes de Pétri renfermant chacune une souche de bactérie sont incubées à 37°C pendant 24 h (Joly et Reynaud,2003).



### I.5.3.4. Préparation des dilutions d'extraits *Ferula vesceritensis*

Les extraits de *Ferula vesceritensis* ont été dissous dans 10 µl de diméthyle sulfoxyde (DMSO) complété par 900 µl d'eau distillée (5mg/1ml). Les dilutions sont préparées à des concentrations de 5 mg/ml, 7.5 mg/ml, 10 mg/ml et 5 mg/ml dans du DMSO à partir la solution mère. Ces concentrations sont exprimées en mg/ml.

### I.5.3.5. Préparation de l'inoculum

A partir des cultures jeunes préparées, on prélève quelques colonies des bactéries dans 5 ml d'eau physiologique stérile. On agite ensuite les tubes au vortex pendant quelques secondes (Billerbec, 2007).

### I.5.3.6. Ensemencement et dépôt des disques

Une fois le milieu de culture qui contient les suspensions microbiennes est solidifié, on prélève aseptiquement à l'aide d'une pince stérile un disque absorbant stérile de 6 mm et on s. l'imbibe avec 10 µl de l'extraite à tester, puis on le dépose sur la gélose préalablement préparée. Les boîtes de Pétrie sont laissées au moins 8h au réfrigérateur pour une bonne diffusion de l'extrait (Rozman et Jersek, 2009). On incube les boîtes de Pétri à 37°C pendant 24h pour les bactéries (Joly et Reynaud, 2003).

### I.5.3.7. Lecture des antibiogrammes

L'activité antibactérienne est déterminée en mesurant le diamètre des zones d'inhibition autour des disques. L'activité antibactérienne se traduit par un halo transparent autour du disque, mesurée en diamètre et exprimée en millimètres. (Joffin et Leyral, 2006). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis des polysaccharides (Tableau 04). (Frouhat et Lahcini, 2013).

**Tableau 04:** Lecture des antibiogrammes selon le diamètre de la zone d'inhibition (Frouhat et Lahcini, 2013).

diamètre de zone d'inhibition	< 8mm.	9 à 14 mm.	15 à 19 mm.	> 20 mm
Résultat	Non sensible ou résistante	Sensible (+)	Très sensible (++)	Extrêmement sensible (+++)

# **Chapitre II :**

## **Résultats et**

### **discussion**

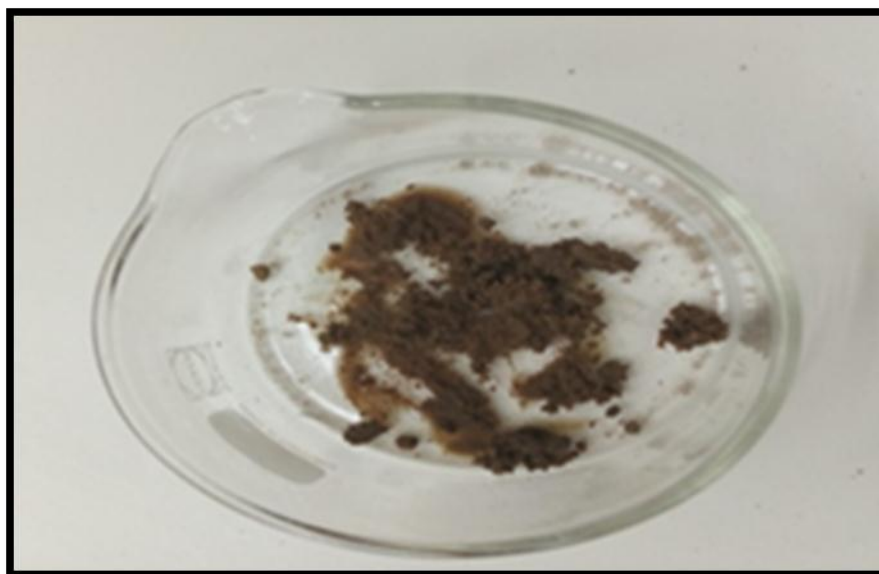
### II. Résultat et discussion

Au vu des résultats obtenus, une seule fraction polysaccharidique est isolée après une extraction hydrosoluble des polysaccharides des inflorescences de *F. vesceritensis*. L'étude biochimique de la fraction retenue est réalisée par des dosages colorimétriques.

#### II.1. Etude des polysaccharides

##### II.1.1. Rendement d'extraction des polysaccharides hydrosolubles

Les résultats relatifs portant sur l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles sont obtenues par macération à chaud dans l'eau distillé et précipitées par l'éthanol à 95% .Le rendement relatif est calculé par rapport au poids de matière sèche ayant servi à l'extraction (Jing *et al.*, 2017) (Figure10) .



**Figure 10** : Extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de inflorescences de *F. vesceritensis*.

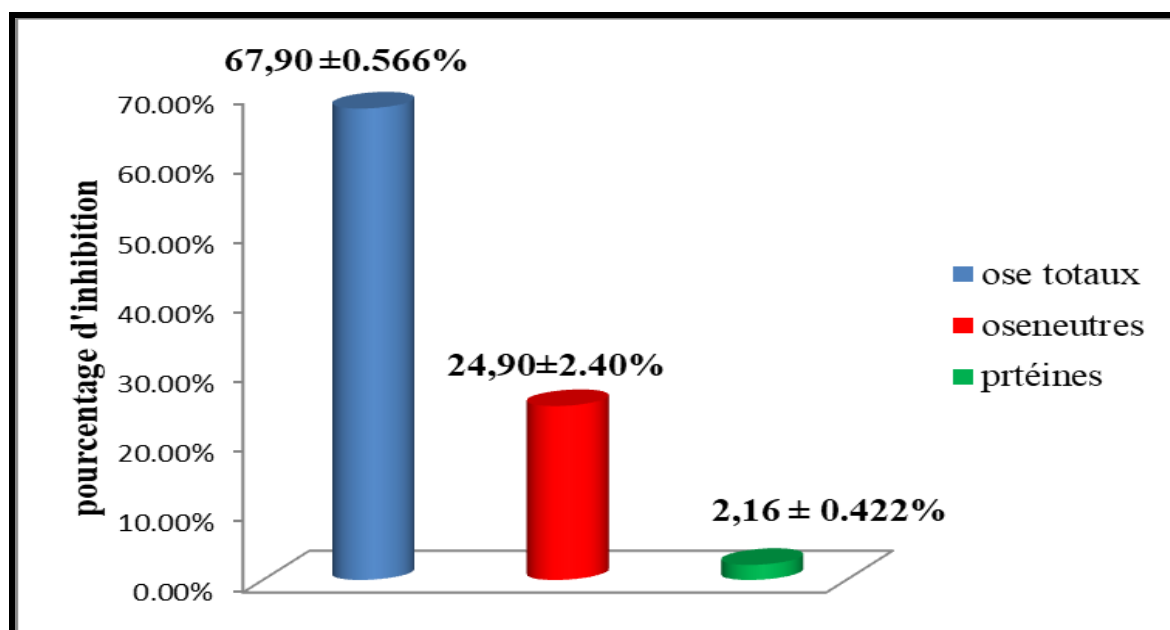
Le rendement de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles issus des inflorescences de *F.vesceritensis* est de obtenue par rapport à la matière sèche est de 4 % Il est proche des rendements est très proche au rendement massique obtenu à partir des inflorescences d'*Ammodaucus leucotrichus* soit 4,051% (Youmbai, 2015) et inferieur de polysaccharides hydrosolubles extraits à partir des graines de quelques espèces de la famille des *Apiaceae* étudié par Zhauynbaeva *et al.* (2010). rapportent un rendement pour *Daucus carota L.* de 4,45%, pour *Anethum graveolens L.* de 4,4%, pour *Ferula tschimganica*. De

4,5%, et 4,39% pour *Sphaenolobium tianschanicum* Pimenov (Korov *Foeniculum vulgare* Mill. (5,6%) et de *Mediasia macrophylla* (5,96%).

Le rendement des polysaccharides extraits des inflorescences peut varier en fonction de l'état physiologique des plantes (sa source, l'âge des arbres à partir de laquelle il a été obtenu, les conditions climatiques et l'environnement du sol), de même, le type de polysaccharide et la procédure d'extraction comme la macération, le type et la quantité de solvant, les températures et les concentrations utilisées, agissent aussi sur le rendement massique de polysaccharides (Ebringerova et al., 2003; Mouradi et al., 2006) .

### II.2. Composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles

L'analyse biochimique des polysaccharides hydrosolubles extraits des inflorescences de *F.vesceritensis* a montré que les teneurs en sucres: oses totaux, neutres, protéine  $67,90 \pm 0.566\%$  ,  $24,90 \pm 2.40\%$ , et  $2,16 \pm 0.422\%$  respectivement. (Annexe 2).



**Figure 11 .** Histogramme de la Composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F.vesceritensis*.

Selon Boual et al., (2013) a les fractions polysaccharidiques extrait à partir des Feuilles de *Malva parviflora* L. (*Malvaceae*) dont les teneurs en oses totaux sont 68,18%. Est plus proche de teneur d'oses totaux des inflorescences de *F.vesceritensis*, on notent que Youmbai., (2015 ) rapportent une teneur de 72,60% en oses totaux des gommés résines de *F. communis* qui est supérieur de teneur d'oses totaux des inflorescences de *F.vesceritensis* . Il est remarqué que ce résultat obtenue est plus supérieur que celui trouvé chez la fraction isolé

d'*Oudneya africana* 46.45% par Hania et Messaoudi, , (2019) et supérieur de celui obtenu par Ayeni *et al.*, (2018) rapportent une teneur de 51,81% pour les parties aériennes de *Daucus carota*.

La teneur en oses neutres est inférieur de celle obtenue par Mehellou ,(2015) dans les graines d'*Astragalus gombo* avec un taux de 44,17%,et en oses neutres obtenu à partir des inflorescences d'*A.leucotrichus* est de 31,74% (**Youmbai, 2015**).

Les teneurs en protéines obtenues par Jalali *et al.*, (2011) de 2% et de (2,67%), pour *F. gumosa* Youmbai, (2015) sont plus proche à celles trouvées pour *Ferula vesceritensis*, Les teneurs en protéines est supérieur que de l'extrait polysaccharidique de *Brassica rapa* L. obtenues par Wang *et al.*( 2016) égal à 1,01 %.

Comme largement décrit dans la littérature la composition chimique des polysaccharides hydrosolubles varient suivant diverses conditions telles que l'environnement climatique la localisation, l'origine géographique et la période de récolte (**Benjamin, 2016**).

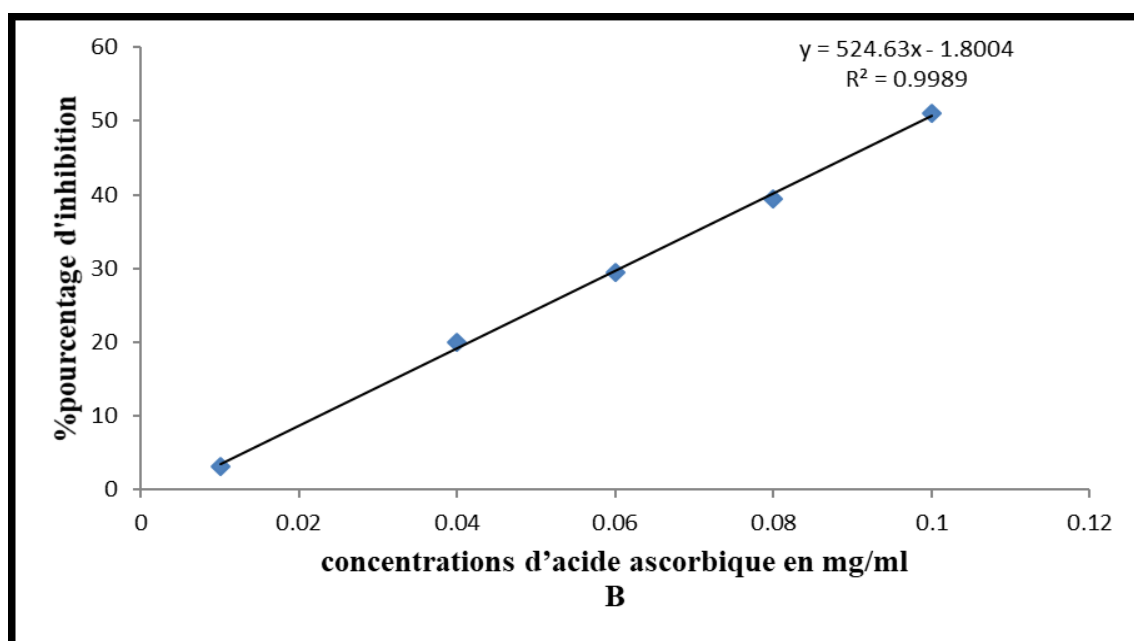
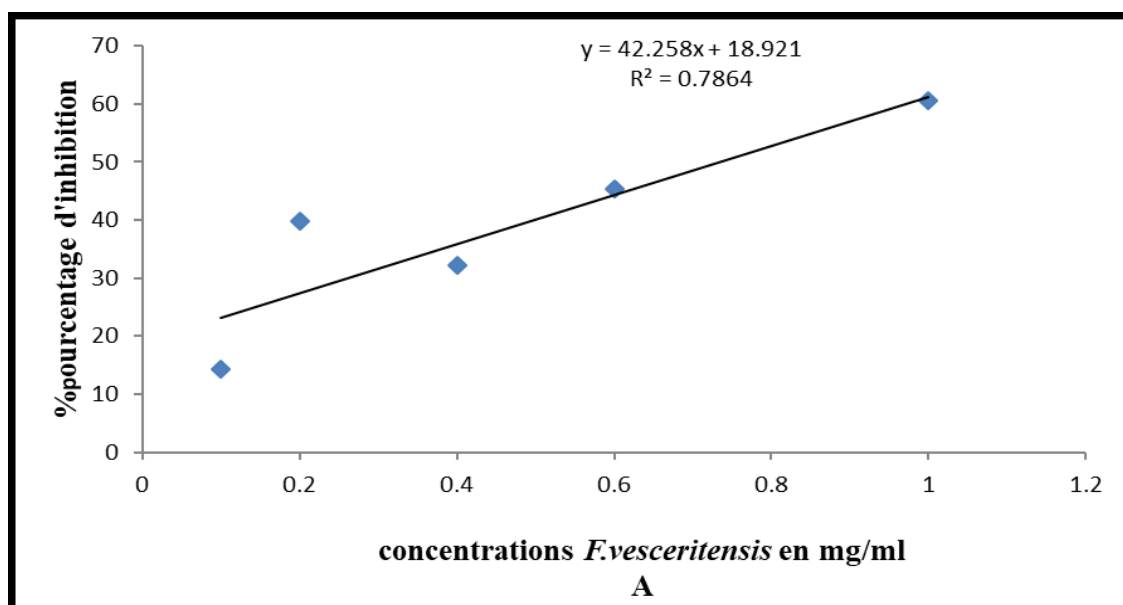
Le pH et la température des milieux d'extraction influent sur la teneur des protéines obtenues. L'augmentation de la température (90°C) et l'abaissement du pH (4) réduit la teneur en protéines (**Youmbai ,2015**).

### **II.3. Activités biologiques de l'extrait polysaccharidique**

Les activités biologiques testées de l'extrait polysaccharidique *Ferula vesceritensis*. sont présentées par l'activité anti-oxydante, l'activité antibactérienne et l'activité anti-inflammatoire.

#### **II.3.1. Activité antioxydante**

Le 1,1' diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) est un radical stable qui possède un électron libre sur l'atome d'azote, caractérisé par une couleur violette et un pic d'absorption spectral maximal à 517nm. En présence d'antioxydant, l'électron célibataire vient s'apparié, ce qui conduit à la décoloration de DPPH du violet (forme radicalaire DPPH·) au jaune (forme réduite DPPH-H). Cette décoloration représente donc la capacité d'échantillon à piéger ce radical (**Ramadan, 2010**) (**Annexe 3**).



**Figure 12.** Représentation graphique de pourcentages d'inhibition du radical DPPH ° + en présence de (A : brut des polysaccharides de *F.vesceritensis*, B : l'acide ascorbique).

On observe le pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration pour l'acide ascorbique et pour les polysaccharides des inflorescences de *F.vesceritensis*.

La concentration inhibitrice ( $IC_{50}$ ) est définie comme étant la concentration de l'antioxydant nécessaire pour réduire ou inhiber 50 % du radical DPPH en solution, dont plus

## Chapitre II : Résultats et discussion

---

la valeur de IC<sub>50</sub> est petite, plus l'activité antioxydant de l'extrait testé est élevé (**Pokorny et al., 2001**).

les polysaccharides hydrosolubles *F.vesceritensis* exercent une activité antioxydante avec IC<sub>50</sub> = 0,74 mg/ml et un AAI de 1,11, et pour l'antioxydant synthétique de référence, l'acide ascorbique IC<sub>50</sub> = 0,098 mg/ml et AAI=8,46 ,Cependant la capacité antioxydant de l'acide ascorbique reste plus forte par rapport à les polysaccharides hydrosolubles *Ferula vesceritensis*.

Des études précédents ont rapporté une variation dans l'activité antioxydant des polysaccharides hydrosolubles de *F.vesceritensis* les résultats de Abekhti et Ben Ahmed, (2019) que les polysaccharides des inflorescences d'*Ammodaucus leucotrichus* et de la gomme résine de *F. communis* présentent des valeurs de IC<sub>50</sub> = 0,97 et AAI =0,041 et IC<sub>50</sub> = 5,08 et AAI= 0,007 respectivement, ce qu'est inférieur au pouvoir antioxydant de l'espèce investiguée. L'extrait polysaccharidique d'*Oudneya africana* R. Br. de Hania et Messaoudi, (2019) a montré une activité anti radicalaire indiquant une IC<sub>50</sub> de l'ordre de 1.001 mg/ml cette capacité antioxydant inférieure que celui présente dans notre étude.

Les résultats de Kafi (2018) ont montré pouvoir antioxydant avec un pourcentage d'inhibition de DPPH en présence de polysaccharides est de 64,85 % à une concentration de 50mg/10ml (0,5%).

Il est rapporté que plusieurs facteurs influent sur l'activité antioxydant des polysaccharides, la présence de mannose a une influence positive sur l'activité antioxydant (**Zhang, 2015**).

aussi La teneur élevée en Ara, Gal et acide uronique a été rapportée comme étant bénéfique pour l'activité antioxydant du polysaccharide (**Wang et al., 2017**). la composition de polysaccharides en monosaccharides et les rapports de monosaccharide pourrait exercer un effet apparent sur la capacité antioxydant (**Liu et al., 2015; Jiang et al., 2015**). La méthode d'extraction peut affecter l'activité antioxydant (**Chen et al., 2008**). L'extraction hydrosoluble à chaud représente la méthode la plus efficace dans la préservation de l'activité antioxydant des polysaccharides (**Liu et al., 2015**).

### II.3.2. Activité anti inflammatoire

#### II. 3.2.1. Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation des protéines

**Tableau 05:** L'Effet de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F. vesceritensis* sur le pourcentage d'inhibition de la dénaturation protéique.

Polysaccharide	Concentration(mg/ml)	Pourcentage d'inhibition %
Inflorescences de <i>F. vesceritensis</i>	0,125	31,97
	0,25	33,33
	0,5	38,09
Diclofénac	0,125	7,48
	0,25	18,36
	0,5	21,82

D'après les résultats obtenus, on peut suggérer que l'extrait des Inflorescences de *F. vesceritensis* a inhibition maximale de la dénaturation des protéines à un pourcentage de 38,09 % à 0,5mg/ml, alors que la solution Diclofénac présente une inhibition maximale, ne dépasse pas 21,82. % à la même concentration. L'évaluation du pourcentage d'inhibition montre que de Inflorescences de *F. vesceritensis* possède une activité anti-inflammatoire *in vitro* à la dose de 0,25, 0,5, mg/ml plus élevé Par rapport à Diclofénac a les mêmes concentrations.

Selon Boussaha *et al.*,(2018) l'extrait hydro-éthanolique de propolis présente une inhibition maximale de la dénaturation des protéines à un pourcentage de (15,65 ±0.0001) % à 0,25mg/ml et plus inférieure que obtenue par extrait Inflorescences de *F. vesceritensis*.

La dénaturation des protéines est un processus dans lequel les protéines perdent leurs structures tertiaire et secondaire par l'application d'un stress externe ou d'un composé tel que l'acide fort ou la base, d'une concentration en sel inorganique, un solvant organique ou par la chaleur dont la plupart des protéines perdent leur fonction biologique lorsqu'elles sont dénaturées (Singh *et al.*,2020).

La dénaturation des protéines est parmi les causes de l'inflammation. La production d'antigènes dans les maladies inflammatoires peut-être due à la dénaturation des protéines. Le mécanisme possible de la dénaturation consiste à l'altération des liaisons électrostatiques qui maintiennent la structure tridimensionnelle des protéines. (Belaid ,2017 ) .



### II. 3.2.2. La stabilisation de la membrane des érythrocytes

L'activité anti-hémolytique des polysaccharides hydrosolubles a l'extrait brut des polysaccharides des inflorescences de *F. vesceritensis* est évaluée en provoquant l'hémolyse par une solution hypo saline qui induit la désorganisation de la membrane et la libération de l'hémoglobine donnant au surnageant une légère coloration rouge en fonction de la proportion d'hémolyse. Les résultats sont représentés dans le tableau (06).

**Tableau 06** : L'Effet de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F. vesceritensis* sur stabilisation de la membrane des érythrocytes.

Polysaccharides	Concentration (mg/ml)	Pourcentage de hémolyse %	pourcentage de protection%
Inflorescences de <i>F. vesceritensis</i>	0,1	37,5	62,5
	0,2	33,75	66,25
	0,3	27,5	72,5
Diclofénac	0,1	41,25	58,75
	0,2	39	61

D'après l'étude des résultats de la méthode de stabilisation membranaire HRBC (tableau 6). L'extrait des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F. vesceritensis* a été présentée une augmentation de l'activité anti-inflammatoire comparable au médicament standard diclofénac sodium. Le résultat a montré une augmentation dépendante de la concentration du pourcentage de protection de la membrane dans toutes fraction teste. Le pourcentage de protection est concentration dépendante et leur protection maximale est 72,5% à la concentration de 0,3mg/ml. Des résultats est inférieure ont été observés à partir de extraits de plantes tel que l'extrait de *Rhizophora mucronata* qui possède une stabilisation significative de la membrane de 95% à la concentration de 500 µg/ml (Kumari *et al.*, 2015). Selon Yahoui *et al.*, (2018), l'extrait d'*Ajuga iva* à toutes les doses (100-800 µg / ml) protège la membrane érythrocytaire humaine. Elle a montré l'inhibition maximale de 67 % à 800µg/ml que plus proche de résultat qu'observer. La stabilisation de la membrane des globules rouges a été utilisée comme méthode pour étudier l'activité anti-inflammatoire *in vitro* parce que la

membrane érythrocytaire est analogue à la membrane lysosomale (Marliyah et Ananthi, 2015).

Les enzymes de lysosomes libérées lors de l'inflammation produisent une variété de troubles. L'activité extracellulaire de ces enzymes serait liée à une inflammation aiguë ou chronique. Les médicaments non stéroïdiens agissent soit en inhibant ces enzymes lysosomales soit en stabilisant la membrane lysosomale (Shendkar *et al.*, 2014).

La stabilisation de la membrane lysosomale est importante pour limiter la réponse inflammatoire en empêchant la libération de constituants lysomiques des neutrophiles activés tels que les enzymes bactéricides et les protéases, qui provoquent une inflammation et des dommages tissulaires supplémentaires lors de la libération extracellulaire. Bien que le mécanisme exact de la membrane la stabilisation par l'extrait ne soit pas encore connu, une hémolyse induite par l'hypotonie peut résulter du rétrécissement des cellules dû à une perte osmotique d'électrolyte intracellulaire et composants fluides. L'extrait peut inhiber les processus qui peuvent stimuler ou améliorer l'efflux de ces composants intracellulaires (Parvin *et al.*, 2015).

### II.3.4. Activité antimicrobienne

Nous avons étudié *in vitro* le pouvoir antimicrobien des extraits isolés des inflorescences de *F. vesceritensis* par la méthode de diffusion des disques sur un milieu gélosés solides, Mueller-Hinton pour les bactéries.

L'activité antimicrobienne des extraits a été estimée en termes de diamètre de la zone d'inhibition autour des disques contenant les extraits à tester vis-à-vis de trois (3) germes pathogènes d'origine hospitalière) de bactéries Gram + et Gram -.

#### II.3.4.1. Résultats du test préliminaire

Si les extraits doivent être soumis aux essais biologiques, la toxicité du solvant peut également être critique car même en traces, le solvant ne devrait pas empêcher le procédé biologique. L'attention devrait également être prêtée aux interactions possibles entre le solvant et les corps dissous pendant que le solvant peut réagir avec certains composés pour produire des complexes ou pour causer la décomposition, la déshydratation, ou l'isomérisation de ces composés. Pour cela le DMSO a été testé comme solvant, les résultats montrent que le solvant est approprié et ne présente aucun effet sur la croissance normale des souches microbiennes (Yrjöen, 2004).

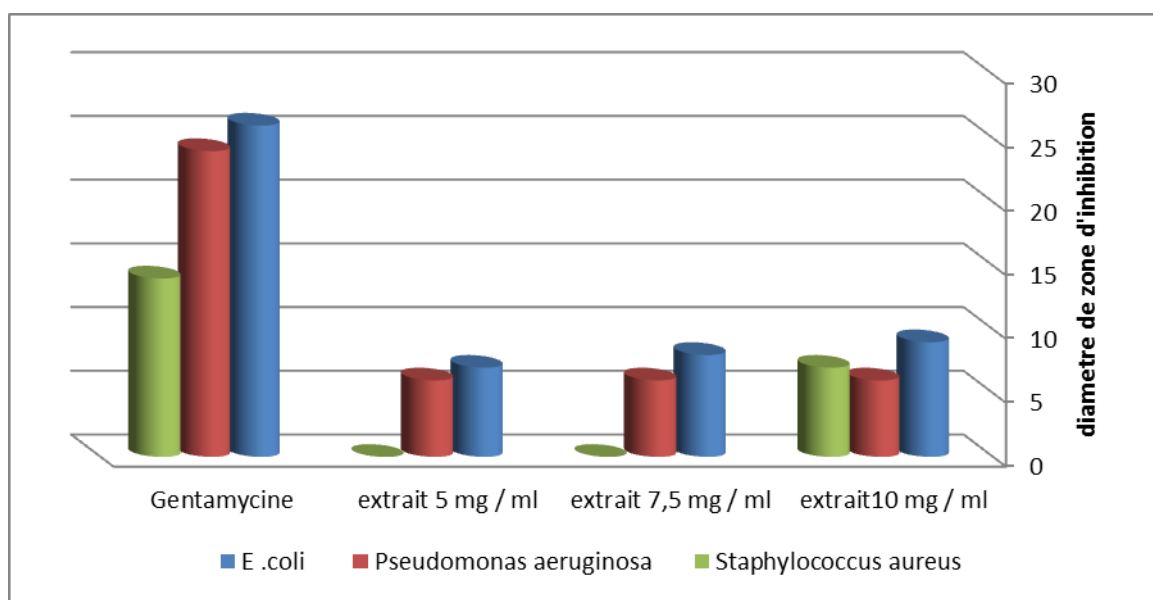
### II.3.4.2. Les antibiogrammes

Les souches de bactéries à Gram + et à Gram - (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*) ont montré des sensibilités différentes a antibiotique standard testée : gentamicine (G) (Harrar, 2012).

Les bactéries *E.coli* et *Staphylococcus aureus* sont des bactéries à Gram +, elle est — Extrêmement sensible (+++) a antibiotiques Gentamicine avec des diamètres de zones d'inhibition de 26 mm, 24 mm respectivement.

*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie à Gram -, elle Très sensible (++) à antibiotique Gentamycine, avec diametre de 14mm.

### II.3.4.3. L'effet antibactérienne de l'extrait hydrosoluble des polysaccharides des inflorescences de *F. vesceritensis*



**Figure 13 .** Histogramme de l'effet antibactérienne de l'antibiotique gentamicine et l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F. vesceritensis* sur les souches bactériennes testées.

Selon nos résultats on trouve que le souche bactérienne *E.coli* sont sensible à l'extrait brut des polysaccharides des inflorescences de *F. vesceritensis* notamment le zone d'inhibition sont loin de gentamicine de 26mm, a concentration de l'extrait 5mg/ml et 7.5 mg/ml et 10mg/ml avec une zone d'inhibition ( $7\pm 0,53$ ), ( $8\pm 0,81$ ), ( $9\pm 0,63$ ) mm respectivement

## Chapitre II : Résultats et discussion

---

Le résultat de la souche *Staphylococcus aureus* a concentration de 5mg/ml et 7,5 mg/ml aucun effet est observé par contre a concentration de 10 mg/ml est non sensible (-) ou résistante avec un diamètre de zone d'inhibition égale à  $(7\pm 0,82)$  mm, les souches *Pseudomonas aeruginosa* sont résistante aux concentrations (5, 7,5, 10) mg/ml avec zone d'inhibition maximale  $(6\pm 0.01)$  mm (**Annexe 4**).

Selon les résultats montre par Abekhti et Ben Ahmed ,(2019) les souches bactériennes de *E.coli* sont résistantes à l'extrait de *Ferula communis* à une concentration de 5mg/ml avec une zone d'inhibition 7,5 mm Mahmoudi et al., (2016) ont rapporté que l'extrait hydro éthanoïque de *Cistus salvifolius* inhibe la croissance des bactéries Gram- ainsi que les bactéries Gram+ (*Staphylococcus aureus*).

Bousselssela et al.,( 2012) qui ont montré que les extraits méthanoliques et aqueux, des feuilles de plante *Hertia cheirifolia* ne possèdent aucune activité contre la croissance de *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus* En effet, Madubunyi et al .,(1995) ont noté une activité antibactérienne des extraits aqueux et éthanolique 70 % des feuilles de la plante vis-à-vis des souches de *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli* , L'activité d'une substance végétale dépend de plusieurs facteurs dont le mode d'extraction et la concentration en principes actifs, contient des flavonoïdes, des saponines, des glycosides, des alcaloïdes et des tanins. Ces composés ayant des propriétés antibactériennes connues, leur présence pourrait donc expliquer les propriétés antimicrobiennes observées. En outre, il est évident que. L'effet antimicrobien de ces phénols peut être expliqué par l'inhibition de la croissance bactérienne suite à leur adsorption sur les membranes cellulaires, l'interaction avec les enzymes et les effecteurs ou la privation en substrats et ions métalliques (**Dhaouadi et al., 2010**).

# **Conclusion et Perspectives**

### Conclusion

D'après l'étude des polysaccharides hydrosolubles de l'espèce végétale *Ferula vesceritensis* de la famille des Apiacées récoltée dans la région de Biskra débute par une extraction à chaud dans l'eau distillé une fraction polysaccharidique extraite a été précipité par l'isopropanol et finalement laver par l'acétone.il est remarqué un rendement de 4% des polysaccharides hydrosolubles obtenu à partir du poids sec des inflorescences de *F. vesceritensis*. L'analyse de la composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles donne des valeurs de  $67,90 \pm 0,566\%$  pour les oses totaux,  $24,90 \pm 2,40\%$  pour les oses neutres,  $2,16 \pm 0,422\%$  pour les protéines.

L'évaluation de l'activité antioxydant de l'extrait polysaccharidique des inflorescences de *F. vesceritensis* Coss. & Dur. par la méthode de piégeage de radical libre DPPH, montre que l'extrait polysaccharidique présente un pouvoir antioxydant important avec un  $IC_{50} = 0,076$  mg/ml, mais elle est faible en comparaison avec l'acide ascorbique qui présent une  $IC_{50}$  de 0,093 mg/ml.

L'activité anti-inflammatoire est évaluée par deux méthodes, la première est la méthode d'inhibition de la dénaturation protéique, et la deuxième la méthode de stabilisation membranaire HRBC L'extrait possède une activité anti-inflammatoire remarquable par l'inhibition de la dénaturation protéique, l'extrait des inflorescences de *F. vesceritensis* a un pourcentage d'inhibition maximale de 38,09 % à une concentration de 0,5mg/ml, est très élevé par rapport à l'élément référence le diclofénac qui a une inhibition maximale ne dépasse pas 21,82% à la même concentration. Le résultat obtenu par la méthode de stabilisation membranaire HRBC confirme cette effet anti-inflammatoire dont le pourcentage de l'hémolyse des globules rouge de l'extrait polysaccharidique hydrosoluble des inflorescences de *F. vesceritensis* à concentration 0,3mg/ml est de 27,5%, cette valeur est inférieure au résultat de diclofénac qui présente un pourcentage d'inhibition maximale de 39 % a concentration 0,2mg/ml. Ces résultats peuvent représentées par le pourcentage de la protection des globules rouges de l'extrait maximale de 72,5% à une concentration 0,3mg/ml. D'après les résultats obtenus par la méthode de la stabilisation membranaire HRBC, nous pouvons constater que l'extrait présente une activité anti-inflammatoire comparable au médicament standard diclofénac sodium.

L'activité antibactérienne a été exprimée par le diamètre de la zone d'inhibition, les résultats obtenus montrent que l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de *F. vesceritensis* possède des activités antibactériennes contre les souches testés avec des zones

## Conclusion et perspectives

---

d'inhibition remarquables pour *E. coli* qui est souche sensible, par contre *Staphylococcus aureus* *Pseudomonas aeruginosa* sont des souches résistantes.

## Perspectives

Afin d'améliorer le rendement de l'extraction des polysaccharides de la plante, il est nécessaire d'optimiser les conditions d'extraction (température, temps d'extraction, concentration de la solution alcaline, type d'alcool-eau).

Pour confirmer les compositions des polysaccharides hydrosolubles il faut faire par la CCM, il est suggéré de faire appel à des techniques plus avancées comme la HPAEC-PAD pour caractériser précisément les résidus glycosidiques qui constituent les polysaccharides.

Malgré les recherches avancées sur ses polysaccharides, les études restent encore très peu en comparant leurs grands nombres. Il sera intéressant donc d'identifier et de caractériser de nouvelles activités biologiques des polysaccharides surtout ceux d'origines des plantes, afin d'augmenter l'utilisation des remèdes naturels dans les domaines médicaux et alimentaires. Pour une meilleure évaluation des activités biologiques des polysaccharides.

# **Références bibliographiques**



### Références bibliographiques

1. **Abekhti, C., & Ben Ahmed, R. (2019).** Activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles de deux plantes spontanées du sahara algérien.P39.40.
2. **Afonso, V., Champy, R., Mitrovic, D., Collin, P., & Lomri, A. (2007).** Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases: rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du rhumatisme*, 74(7), 636-643.
3. **Ahuir, Pascual. A., Manzanares-Estreder, S., & Proft, M. (2017).** Pro-and antioxidant functions of the peroxisome-mitochondria connection and its impact on aging and disease. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017.
4. **Alagammal, M., Nishanthini, A., & Mohan, V. R. (2012).** Anti -Iflamatory Activity Of Whole Plante Of Polygala RosmarinifoliaWight & ARN (Polygaceae). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3(10), 3955.
5. **Alkhatib, R. (2010).** Etude phytochimique et activité cytotoxique des métabolites secondaires de *Ferula elaeochytris* Korovin et *Ferula lycia* Boiss (*Apiacées*) (Doctoral dissertation),P 33.34.
6. **Angone, S. A., Nguema-Ona, E., & Driouich, A. (2010).** La thérapie par les plantes en Afrique: activités immunostimulantes des polysaccharides de la paroi végétale. *Phytothérapie*, 8(4), 223-230.
7. **Ayeni, E. A., Abubakar, A., Ibrahim, G., Atinga, V., & Muhammad, Z. (2018).** Phytochemical, nutraceutical and antioxidant studies of the aerial parts of *Daucus carota* L.(*Apiaceae*). *Journal of Herbmed Pharmacology*, 7(2), 68-73.
8. **Billel, Boussaha., & Farid, S. I. A. F. A. (2018).** Evaluation de l'activité anti-inflammatoire de l'extrait brut de la propolis in vitro.
9. **Baeza J., Freer J., Chemical characterization of wood and its components, 2001.** In: Hon D.N.S.,
10. **Bahramzadeh, S., Tabarsa, M., You, S., Li, C., & Bitá, S. (2019).** Purification, structural analysis and mechanism of murine macrophage cell activation by sulfated polysaccharides from *Cystoseira indica*. *Carbohydrate polymers*, 205, 261-270.
11. **Bayar, N., Friji, M., & Kammoun, R. (2018).** Optimization of enzymatic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal. *Food chemistry*, 241, 127-134.
12. **Belaid, A., & Bellil, H. N. (2017).** Propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires des polyphénols de la rue fétide *Ruta graveolens*. P42.43.

13. **Benaoun, F. (2017).** Caractérisation structurale et potentiel biologique des polysaccharides issus de *Plantago notata* Lagasca (Plantaginaceae) et *Urginea noctiflora* Batt. Trab (Liliaceae) (Doctoral dissertation, Clermont Auvergne).P208.
14. **Benchabane, O., Hazzit, M., Baaliouamer, A., & Mouhouche, F. (2012).** Analysis and antioxidant activity of the essential oils of *Ferula vesceritensis* Coss. et Dur. and *Thymus munbyanus* Desf. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(5), 774-781.
15. **Benjamin. P. (2016).** Extraction et caractérisations (structurale et physico-chimique) de polysaccharides hydrosolubles issus de cladoces de *Cereus triangularis* (Doctoral dissertation). 237P.
16. **Bento J.F., Noletto G.R., Petkowicz C.L., 2014.** Isolation of an arabinogalactan from *Endopleura uchi* bark decoction and its effect on HeLa cells. *Carbohydrate Polymers* 101 : 871-87.
17. **Boual. Z, Kemassi. A, Hamid Oudjana. A, MichaudI. P et Ould El Hadj. M-D, 2013.** Caractérisation physico-chimique et biochimique des bulbes d'*Urginea noctiflora* (Liliaceae) récoltée dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est Algérie): Activités antioxydantes et antimicrobiennes. *PhytoChem & Bio Sub Journal*; Vol.7(2):1-13.
18. **Bouguerra, A. (2012).** Etude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill, en vue de son utilisation comme conservateur alimentaire. Constantine: Institut de la nutrition, de l'alimentation et des technologies agroalimentaires. P14-38.
19. **Bouhlal, R., Haslin, C., Chermann, J. C., Collic-Jouault, S., Siquin, C., Simon, G., ... & Bourgougnon, N. (2011).** Antiviral activities of sulfated polysaccharides isolated from *Sphaerococcus coronopifolius* (Rhodophyta, Gigartinales) and *Boergeseniella thuyoides* (Rhodophyta, Ceramiales). *Marine drugs*, 9(7), 1187-1209.
20. **Bouhlali EdT. Ramchoun M, Alem C. Ghafoor K, Ennassir J. Zegzouti ,YF. 2017.**Composition fonctionnelle et activités anti oxydantes de huit fruits de dattes marocains.. *Journal de la Société saoudienne des sciences agricoles*.16: 257-264 .
21. **Bousseboua. H(2002)** : élément de microbiologie générale .université Montsouris .contiens, pp 31 -170.
22. **Bousselsela,H. Afaf, B., Mouloud, Y., Souhila, B., Abdelmoudjib, G., & Abl, Z. (2012).** In vitro evaluation of antioxidant and antibacterial activities of extracts of *Hertia cheirifolia*'s leaves. *Natural Science*, 2012.
23. **Bradford, M.M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram

## Références bibliographiques

---

quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1), 248-254.

**24. Brillouet, J. M., & Joseleau, J. P. (1987).** Investigation of the structure of a heteroxylan from the outer pericarp (beeswing bran) of wheat kernel. *Carbohydrate research*, 159(1), 109-126.

**25. Bruneton, J. (1993).** Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales (No. 581.634 B7).

**26. Chandra, S., Chatterjee, P., Dey, P., & Bhattacharya, S. (2012).** Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1), S178-S180. characterization and antioxidant activity of the exopolysaccharide from *Weissella cibaria* SJ14.

**27. Chabani, A., Mawlawi, H., & Etahiri, S. (2011).** Évaluation de l'activité inhibitrice des extraits d'une algue brune, *Padina pavonica*, récoltée sur les côtes libanaises. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 7(3).

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

**29. Chen P. Kan H.P., Ji H.H., Sun N. X and Feng Y.Y., 2018.** cold-water soluble polysaccharide isolated from *Grifola frondosa* induces the apoptosis of HepG2 cells through mitochondrial passway. *International Journal of Biological Macromolecules*. vol 125 : 1232-1241.

**30. Chen, R., Meng, F., Liu, Z., Chen, R., & Zhang, M. (2010).** Antitumor activities of different fractions of polysaccharide purified from *Ornithogalum caudatum* Ait. *Carbohydrate Polymers*, 80(3), 845-851.

**31. Chen, X., Qi, Y., Zhu, C., & Wang, Q. (2019).** Effect of ultrasound on the properties and antioxidant activity of hawthorn pectin. *International journal of biological macromolecules*, 131, 273-281.

**32. Chidouh A., Aouadi S., Heyraud A., 2014.-** Extraction, fractionation and characterization of water-soluble polysaccharide fractions from myrtle (*Myrtus communis* L.) fruit. *Food Hydrocolloids*, vol.35: 733-739

**33. Chouana, T. (2017).** *Caractérisation structurale et activités biologiques des polysaccharides d'Astragalus gombo bunge* (Doctoral dissertation, Clermont Auvergne). P28.40

**34. Cosgrove D.J. (2005).** Growth of the plant cell wall. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 6, 850-861.

35. **Coste, H., & Flahault CH. 1998.** Flore Description et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes. Tome II .Librairie scientifique et technique. Paris.
36. **Cui, M., Wu, J., Wang, S., Shu, H., Zhang, M., Liu, K., & Liu, K. (2019).** Characterization and anti-inflammatory effects of sulfated polysaccharide from the red seaweed *Gelidium pacificum* Okamura. *International journal of biological macromolecules*, 129, 377-385.
37. **Datta, D., Bhattacharjee, S., Nath, A., Das, R., Bhattacharjee, C., & Datta, S. (2009).** Separation of ovalbumin from chicken egg white using two-stage ultrafiltration technique. *Separation and Purification Technology*, 66(2), 353-361.
38. **De Billerbeck, V. G. (2007).** Huiles essentielles et bactéries résistantes aux antibiotiques. *Phytothérapie*, 5(5), 249-253.
39. **De Fabrègues, B. P. (1989).** Le dromadaire dans son milieu naturel. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 42(1), 127-132.127-132 P.
40. **Delattre, C. (2005).** Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de glucuronanes (Doctoral dissertation, Amiens).
41. **Delbarre-Ladrat, C., Siquin, C., Lebellenger, L., Zykwinska, A., & Collic-Jouault, S. (2014).** Exopolysaccharides produced by marine bacteria and their applications as glycosaminoglycan-like molecules. *Frontiers in chemistry*, 2, 85.
42. **Deniaud, E., Fleurence, J., & Lahaye, M. (2003).** Preparation and chemical characterization of cell wall fractions enriched in structural proteins from *Palmaria palmata* (Rhodophyta). *Botanica Marina*, 46(4), 366-377.
43. **Dhaouadi, K., Raboudi, F., Estevan, C., Barrajon, E., Vilanova, E., Hamdaoui, M., & Fattouch, S. (2011).** Cell viability effects and antioxidant and antimicrobial activities of Tunisian date syrup (Rub El Tamer) polyphenolic extracts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1), 402-406.
44. **Dou Chunqing . Bao Zhang. Mingming Han. Xin Jin, Liyuan Sun.(2016).** Activité anti-tumorale des polysaccharides extraits de *Senecio scandens* Buch, -Racine de Ham sur le carcinome hépatocellulaire 100.048.2016.
45. **Dupois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. D., Rebersp. A., Smith F., 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chern.*, vol. 28: 350-356.
46. **Dupont, F., & Guignard, J. L. (2007).** Botanique: systématique moléculaire. Elsevier Health Sciences.p285.
47. **Dworkin, M. (2006).** The Prokaryotes: Vol. 6: Proteobacteria: Gamma Subclass. Springer

Science & Business Media.

- 48. Ebringerová, A., & Heinze, T. (2000).** Xylan and xylan derivatives-biopolymers with valuable properties, 1. Naturally occurring xylans structures, isolation procedures and properties. *Macromolecular Rapid Communications*, 21(9), 542-556.
- 49. Ebringerová, A., Hromádková, Z., & Heinze, T. (2005).** Hemicellulose. *Advances of Polymers Science*, 186, 1-67.
- 50. Ebringerová, A., Kardošová, A., Hromádková, Z., & Hříbalová, V. (2003).** Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, 74(1-2), 52-61.
- 51. El Enshasy, H. A., & Hatti-Kaul, R. (2013).** Mushroom immunomodulators: unique molecules with unlimited applications. *Trends in Biotechnology*, 31(12), 668-677.
- 52. Fabre, Madeleine-France(1989).** nouvel heteropolysaccharide, procède permettant son obtention et son application dans divers types d'industries, Bundesdruckerei –Berlin.
- 53. Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. L'actualité chimique, 108.. Mécanismes biochimiques. L'actualite chimique,. 108-115.
- 54. Frouhat, Z. & Lahcini, B.,2013.** Lutte biologique par l'huile essentielle de *Rosmarinusofficinalis* (Doctoral dissertation).P14.
- 55. Gadmsetty G., Maru S., Tyagia., Chakravarthulas.(2013)-** antiinflammatory, cytotoxic and antioxidant effects of methanolic extracts of *drypetes sepiaria* (euphorbiaceae)., afr j tradit complement altern med., 10(5).,274-282 P.
- 56. Guilloton M, Quintard B et Gallet P. (2013).** Biochimie. 3eme Ed: Dunod, Paris. P: 100-104.
- 57. H., Benhouda, A., Yahia, M., Benbia, S., Ghecham, A., & Zidani, A. (2012).** In vitro evaluation of antioxidant and antibacterial activities of extracts of *Hertia cheirifolia*'s leaves. *Natural Science*, 4(11), 825-831.
- 58. Habibi, Y, Mahrouz, M., Marais, M.F., & Vignon, M.R. (2004).** An arabinogalactan from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research*, 339(6), 1201-1205.
- 59. Hames B. D. N; Hooper. M & Houghton .J.D. (2006).** Chapitre J . Métabolisme d'un glucide. L'essentiel en Biochimie. Ed, Berti. Paris. P 249-287.
- 60. Han, Y., Son, S. J., Akhalaia, M., Platonov, A., Son, H. J., Lee, K. H., ... & Song, J. Y. (2005).** Modulation of radiation-induced disturbances of antioxidant defense systems by ginsan. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2(4), 529-536.

61. **Hania, M., & Messaoudi, C. (2019).** Contribution à l'étude des activités biologiques des polysaccharides d'Oudneya africana R. Br. récoltée de la région d'El Oued. P 36-38
62. **Harrar, A. (2012).** Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de Rhamnus alaternus L, mémoire de magistère. p.73.
63. **Hassan, L. K., Haggag, H. F., ElKalyoubi, M. H., El-Aziz, M. A., El-Sayed, M. M., & Sayed, A. F. (2015).** Physico-chemical properties of yoghurt containing cress seed mucilage or guar gum. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(1), 21-28.
64. **Jalali, H. T., Ebrahimian, Z. J., Evtuguin, D. V., & Neto, C. P. (2011).** Chemical composition of oleo-gum-resin from *Ferula gummosa*. *Industrial crops and products*, 33(2), 549-553.
65. **Jeddou, K. B., Chaari, F., Maktouf, S., Nouri-Ellouz, O., Helbert, C. B., & Ghorbel, R. E. (2016).** Structural, functional, and antioxidant properties of water-soluble polysaccharides from potatoes peels. *Food Chemistry*, 205, 97-105.
66. **Jiang P., Yuan L., Cai D., Jiao L., Zhag L. (2015)-** Characterization and antioxidant activities of the polysaccharides from mycelium of *Phellinus pini* and culture medium, *Carbohydr. Polym.*, (117), 600–604 P.
67. **Jing, C., Yuan, Y., Tang, Q., Zou, P., Li, Y., & Zhang, C. (2017).** Extraction optimization, preliminary characterization and antioxidant activities of polysaccharides from Glycine soja. *International journal of biological macromolecules*, 103, 1207-1216.
68. **Joffin, J. N., & Leyral, G. (2006).** *Microbiologie Technique Tome 1 "Dictionnaire des techniques"*. Bordeaux, France, centre régional de documentation d'Aquitaine. 967-971.
69. **Joly, B., & Reynaud, A. (2003).** *Entérobactéries: systématique et méthodes de diagnostic* (Coll. Monographie de microbiologie. P365).
70. **Kafi, M., Taib, N., & Ould EL Hadj, M. D. 2018.** Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles de *Ferula vesceritensis* récoltée dans la région de Biskra (Sahara septentrional Algérien). p 48.
71. **Kaper, J. B., Nataro, J. P., & Mobley, H. L. (2004).** Pathogenic escherichia coli. *Nature reviews microbiology*, 2(2), 123-140.
72. **Kara Slimane, A. (2010).** Préparation des copolymères hydrosolubles à base d'amidon, Modification et contrôle des propriétés. P133.
73. **Kumari, C. S., Yasmin, N., Hussain, M. R., & Babuselvam, M. (2015).** In vitro anti-inflammatory and anti-arthritic property of *Rhizopora mucronata* leaves. *Intern J Pharma Scie Res*, 6, 482-485.

## Références bibliographiques

---

74. Laraba, M . Serrat ,A . Ouassaa, G.(2016). Etude in vitro de l'activité antioxydant des polyphénols isolés à partir d'une plante médicinale. Mémoire de master en toxicologie et santé, Université des Frères Mentouri Constantine. P 40-41.
75. Li, Q., Niu, Y., Xing, P., & Wang, C. (2018). Bioactive polysaccharides from natural resources including Chinese medicinal herbs on tissue repair. *Chinese medicine*, 13(1), 7.
76. Li, S., Liu, H., Wang, W., Wang, X., Zhang, C., Zhang, J., ... & Jia, L. (2018). Antioxidant and anti-aging effects of acidic-extractable polysaccharides by *Agaricus bisporus*. *International journal of biological macromolecules*, 106, 1297-1306.
77. Li .L, Le. A ,Tao. M ,Yuanying .N, Xiaojun. L, Xiaosong .H et Yi. S, 2018. Sulfated modification and anticoagulant activity of *pumpkin* (*Cucurbita pepo*, Lady Godiva) polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*; vol. 106: 447–455.
78. Liu J., Wen X. Y., Zhang X. Q., Pu H. M., Kan J., Jin C. H.,(2015).- Extraction, characterization and in vitro antioxidant activity of polysaccharides from black soybean. *Int. J.Biol. Macromol*, vol. 72:1182–1190.
79. Liu, J., Willför, S., & Xu, C. (2015). A review of bioactive plant polysaccharides: Biological activities, functionalization, and biomedical applications. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 5(1), 31-61.
80. Mahmoudi, H., Aouadhi, C., Kaddour, R., Gruber, M., Zargouni, H., Zaouali, W., ... & Hosni, K. (2016). Comparison of antioxidant and antimicrobial activities of two cultivated *Cistus* species from Tunisia. *Bioscience Journal*, 32(1).
81. Marliyah M. and Ananthi T. **In vitro anti-inflammatory activity of seed extract of *Zea Mays* (L.)**, 2015. *J. Journal of Global Biosciences*. Vol. 4, n°5, p. 2168-2173.
82. Madubunyi, I. I., Obi, S. K. C., Nwebube, N. I., & Chime, A. B. (1995). Antihepatotoxic and antimicrobial activities of *Harungana madagascariensis* leaf extracts. *International journal of pharmacognosy*, 33(2), 129-134.
83. Medzhitov, R. (2010). Inflammation 2010: new adventures of an old flame. *Cell*, 140(6), 771-776.
84. Mehallou, Z., & Ould, E. 2015. Caractérisation partielle et activités biologiques des polysaccharides hydrosolubles issus de deux plantes spontanées récoltées au Sahara septentrional Est algérien (Doctoral dissertation). P170.
85. Mogni, A. (2015). Fractionnement des complexes lignine-polysaccharides issus de différentes biomasses lignocellulosiques par extrusion bi-vis et séparation chromatographique (Doctoral dissertation ).P23-24.

- 86. Monsingny M., Petit C., et Roche A.C., 1988-** Colorimetric determination of neutral sugars by a resorcinol sulfuric acids micromethod. *Analytical biochemistry*, vol.175: 525-530.
- 87. Mounquengui, W. S. (2008).** Caractérisation HPLC de marqueurs permettant de prévoir l'évolution de certaines propriétés macroscopiques du bois lors de différents processus de dégradation (Doctoral dissertation).P33.
- 88. Mouradi, A., Chikhaoui-Khay, M., Akki, S. A., Akallal, R., Hrrimle, I., & Givernaud, T. (2006).** Analyse structurale des fractions polysaccharidiques extraites de laparoi cellulaire d'Hypnea musciformis (Rhodophyceae, Gigartinales). *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 2(2).
- 89. Moussard. C. (2007).** Biochimie structural et métabolique.3éd. Bruxelles. P 77.
- 90. Osman, T. A. A., & Idrees, A. S. (2017).** In vitro Anti-Inflammatory Activity of Methanol Extracts of *Balanites aegyptiaca* and *Tamarindus indica*. *Neelain J. Sci. Technol*, 1(1), 39-42.
- 91. Oughlissi-Dehak, K., Lawton, P., Michalet, S., Bayet, C., Darbour, N., Hadj-Mahammed, M., ... & Guilet, D. (2008).** Sesquiterpenes from aerial parts of *Ferula vesceritensis*. *Phytochemistry*, 69(9), 1933-1938.
- 92. Oyedapo OO, Akinpelu BA, Orefuwa SO (2004).** Anti-inflammatoire effets de *Theobroma cacao*, L. extrait de racine. *J. de Tropical Med. Plantes (Malaisie)* 5 (2): 161-166
- 93. Ozenda. P, 1991.** La flore de Sahara septentrional et central. Ed. C.N.R.S. Paris. P 486.
- 94. Papa, L., Hahn, M., Marsh, E. L., Evans, B. S., & Germain, D. (2014).** SOD2 to SOD1 switch in breast cancer. *Journal of biological chemistry*, 289(9), 5412-5416.
- 95. Parvin, M. S., Das, N., Jahan, N., Akhter, M. A., Nahar, L., & Islam, M. E. (2015).** Evaluation of in vitro anti-inflammatory and antibacterial potential of *Crescentia cujete* leaves and stem bark. *BMC research notes*, 8(1), 412.
- 96. Pawar, H., & Varkhade, C. (2014).** Isolation, characterization and investigation of *Plantago ovata* husk polysaccharide as superdisintegrant. *International Journal of Biological Macromolecules*, 69, 52-58.
- 97. Percival, S. L., Chalmers, R., Embrey, M., Hunter, P. R., Sellwood, J., & Wyn-Jones, P. (2004).** *Microbiology of waterborne diseases*. P. 480.
- 98. Perlin, A. S. (1951).** Isolation and composition of the soluble pentosans of wheat flours. *Cereal Chemistry*, 28, 370-381.
- 99. Pincemail J., Le Goff C. Charlier P., Gillion JP., Cheramy-Bien E., Van Honacker JP., Chapelle J. & Defraigne JO. (2009).** Evaluation biologique du stress oxydant. *Nutrition et Endocrinologie Rev Med Liege Special antioxydant* 16-31.



## Références bibliographiques

---

- 100. Pokorny J, Yanishlieva N et Gordon M H (2001).** Antioxydants in food: practical applications. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. New York, USA p108-109
- 101. Quezel, P., & Santa, S. (1963).** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales* (No. 581.965 Q8).
- 102. Ramadan MF.2010.** Rapid antiradical method for screening deep fried oils. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*; 5: 47-50.
- 103. Rao, M.S., & Muralikrishna, G. (2001).** Non-starch polysaccharides and bound phenolic acids from native and malted finger millet (Ragi, Eleusine coracana, Indaf-15). *Food Chemistry*, 72(2), 187-192.
- 104. Revillard, J. P. (2001).** Immunologie. De Boeck Supérieur.. 595 p.
- 105. Rozman, T., & Jersek, B. (2009).** Antimicrobial activity of rosemary extracts (*Rosmarinus officinalis* L.) against different species of *Listeria*. *Acta agriculturae Slovenica*, 93(1), 51.
- 106. Ruff, Y. (2008).** Biopolymères dynamiques : Oligo- et polysaccharides . Thèse de doctorat, Strasbourg 1, 308P.
- 107. Ruiz, G. (2005).** Extraction, détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouges (Doctoral dissertation, Limoges).p17.
- 108. Sadique J, Al-Rqobahs WA, Bughaith, Ar. EI-Gindi (1989).** The bioactivity of certain medicinal plants on the stabilization of RBSmembrane system. *Fitoterapia*, 60: 525-532.
- 109. Sánchez-Moreno, C. (2002).** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.
- 110. Shehata, I. A., El-harshany, E., Abdallah, H. M., Esmat, A., & Abdel-Sattar, E. A. (2018).** Anti-inflammatory activity of *Kleinia odora*. *European Journal of Integrative Medicine*, 23, 64-69.
- 111. Shendkar, A. K., Chaudhari, S. G., & Shendkar, Y. K. (2014).** In vitro antiarthritic activity of *Withania coagulans* Dunal fruits. *Indo Am J Pharm Res*, 4(2), 915-24.
- 112. Shi, L. (2016).** Bioactivities, isolation and purification methods of polysaccharides from natural products: A review. *International journal of biological macromolecules*, 92, 37-48.
- 113. Singh, D., Vaghela, J. S., Saini, P. K., & Sharma, N. (2020).** Comparative evaluation of anti-arthritis activity of (*L.*) Pierre seeds *Pongamia pinnata* and (*L.*) leaves: study

- Bryophyllum pinnata In-vitro. *Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6(1), 62-64.
- 114. Sirivibulkovit, K., Nouanthavong, S., & Sameenoi, Y. (2018).** based DPPH assay for antioxidant activity analysis. *Analytical Sciences*, 34(7), 795-800.
- 115. Slugocki, C., Olivier, M., Holbert, S., Helloin, E., Jacques, I., Salmon, H., ... & Demais, H. (2015).** L'activité antibactérienne et immunomodulatrice d'un extrait d'algue verte riche en polysaccharides sulfatés. 47èmes journées de la recherche porcine. 2015; 47. Journées de la recherche porcine, Paris, FRA, 2015-02-03-2015-02-04, 309-310.
- 116. Sokmen A., Gulluce M., Askin Akpulat H., Daferera D., Tepe B., Polissiou M., Sokmen M. and Sahin F. 2004.** The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control*; 15. 627-634.
- 117. Somerville, C. (2006).** Cellulose synthesis in higher plants. *Annual Review Cell Dev*
- Habibi, Y., Mahrouz, M., Marais, M.F., & Vignon, M.R. (2004). An arabinogalactan from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research*, 339(6), 1201-1205
- elopemental Biology*, 22, 53-78.
- 118. Sridhar, C., SV, S. K., Udayasree, K., & Golakoti, T. (2012).** ANTI-ARTHRITIC ACTIVITY OF METHANOLIC EXTRACT OF LEAVES OF ANNONA CHERIMOLA. *International Journal of Pharmacology & Biological Sciences*, 6(2).
- 119. Stephen, A.M. (1983).** Other plant polysaccharides. *The Polysaccharides*, 2, 97-193
- sumatera du nord comme matière première pour la fibre textile, 1232, 012017.
- 120. Thiry, M., Rigo, P., & Racano, S. (2019).** *Biologie cellulaire-Exercices et méthodes-2e éd.: Fiches de cours et 500 QCM et exercices d'ent.* Dunod. P1.2.
- 121. Tian, S., Hao, C., Xu, G., Yang, J., & Sun, R. (2017).** Optimization conditions for extracting polysaccharide from *Angelica sinensis* and its antioxidant activities. *journal of food and drug analysis*, 25(4), 766-775.
- 122. Tilly, G. (2010).** Pectines.
- 123. Tran, V. T., Benoît, J. P., & Venier-Julienne, M. C. (2011).** Why and how to prepare biodegradable, monodispersed, polymeric microparticles in the field of pharmacy?. *International journal of pharmaceutics*, 407(1-2), 1-11.
- 124. Tuo Wang . Chaowen Xiao. Charles Thomas. Anderson, Mei Hong.( 2017).** Effets des changements de poids moléculaire de la pectine sur la structure·Dynamique et interactions polysaccharidiques de la cellule primaire. p4.vol 10.1021
- 125. Ukwuani, A. N., & Ahmad, H. B. 2015.** INVITRO ANTI-INFLAMMATORY

ACTIVITY OF PARKIA BIGLOBOSA FRUIT BARK EXTRACT.P. 8-11. unlimited applications. Trends Biotechnol 31(12):668-677. Van Delden, C., & Iglewski, B. H. (1998). Cell-to-cell signaling and *Pseudomonas aeruginosa* infections. Emerging infectious diseases, 4(4), 551.

**126. Voet. d & Voet. j. G. (2005).** Chapitre 11.Sucre de polysaccharides. Biochimie 2é m. Ed, Paris. P 356-380.

**127. Wang X., Zhang Z., Yao Z., Zhao M., Qi H., (2013).**- Sulfation, anticoagulant and antioxidant activities of polysaccharide from green algae *Enteromorpha linza*. International Journal of Biological Macromolecules, vol.58: 225-230.

**128. Wang, H., Xu, Z., Li, X., Sun, J., Yao, D., Jiang, H., ... & Wang, W. (2017).** Extraction, preliminary characterization and antioxidant properties of polysaccharides from the testa of *Salicornia herbacea*. Carbohydrate polymers, 176, 99-106.

**129. Wang, J., Liu, W., Chen, Z., & Chen, H. (2017).** Physicochemical characterization of the oolong tea polysaccharides with high molecular weight and their synergistic effects in combination with polyphenols on hepatocellular carcinoma. Biomedicine & Pharmacotherapy, 90, 160-170.

**130. Wang, L., Zhang, B., Xiao, J., Huang, Q., Li, C., & Fu, X. (2018).** Physicochemical, functional, and biological properties of water-soluble polysaccharides from *Rosa roxburghii* Tratt fruit. Food chemistry, 249, 127-135.

**131. Wang, P., Zhang, L., Yao, J., Shi, Y., Li, P., & Ding, K. (2015).** An arabinogalactan from flowers of *Panax notoginseng* inhibits angiogenesis by BMP2/Smad/Id1 signaling. *Carbohydrate polymers*, 121, 328-335.

**132. Wang, T., & Hong, M. (2016).** Solid-state NMR investigations of cellulose structure and interactions with matrix polysaccharides in plant primary cell walls. Journal of experimental botany, 67(2), 503-514.

**133. Wang, W., Wang, X., Ye, H., Hu, B., Zhou, L., Jabbar, S., ... & Shen, W. (2016).** Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Brassica rapa* L. *International journal of biological macromolecules*, 82, 979-988..

**134.-Wang. Y, Chen. Y, Zhou. Y, Nirasawa. S, Tatsumi. E, Li. X et Cheng. Y, (2017).** Effects of konjac glucomannan on heat-induced changes of wheat gluten structure. *Food Chemistry*; vol. 229:409-416.

**135. Warrand, J. (2004).** Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs du mucilage de lin (*Linum Usitatissimum* L.) (Doctoral dissertation, Amiens.238 P.

## Références bibliographiques

---

136. **Widmer, F., & Beffa, R. (2000).** Aide-mémoire de biochimie et de biologie moléculaire. Tec & Doc Lavoisier.
137. **Wood, P.J., Weisz, J., Beer, M.U., Newman, C.W., & Newman, R.K. (2003).** Structure of  $\beta$ -D-glucan in waxy and nonwaxy barley. *Cereal Chemistry*, 80(3), 329-332.
138. **Yahoui, H., & Meriem, A. (2018).** Activité antioxydante et anti-inflammatoire de l'extrait hydro-alcoolique d'*Ajuga iva* (ivette musquée) (Doctoral dissertation, Université de Bouira).P59.60.
139. **Yala, J. F., Ntsameso-MveMba, V., Issembe, Y. A., Lepengue, N. A., & Souza, A. (2016).** Évaluation in vitro de l'activité antimicrobienne de l'extrait aqueux d'*Eryngium foetidum* récolté dans la ville de Franceville. *Journal of Applied Biosciences*, 103(1), 9886-9893.
140. **Yang, L. C., Hsieh, C. C., Lu, T. J., & Lin, W. C. (2014).** Structurally characterized arabinogalactan from *Anoectochilus formosanus* as an immuno-modulator against CT26 colon cancer in BALB/c mice. *Phytomedicine*, 21(5), 647-655.
141. **Yang, S., Land, M. L., Klingeman, D. M., Pelletier, D. A., Lu, T. Y. S., Martin, S. L., ... & Brown, S. D. (2010).** Paradigm for industrial strain improvement identifies sodium acetate tolerance loci in *Zymomonas mobilis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(23), 10395-10400.
142. **Yang, T. P. B. W., & Poovaiah, B. W. (2002).** Hydrogen peroxide homeostasis: activation of plant catalase by calcium/calmodulin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(6), 4097-4102.
143. **Youmbai, A. (2015).** Contribution à l'étude des polysaccharides hydrosolubles de quelques plantes de la famille des Apiaceae récoltées dans la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Algérien). 77 P.
144. **Yrjönen, T. (2004).** Extraction and planar chromatographic separation techniques in the analysis of natural products.P. 76.
145. **Yu, Y., Shen, M., Song, Q., & Xie, J. (2018).** Biological activities and pharmaceutical applications of polysaccharide from natural resources: A review. *Carbohydrate polymers*, 183, 91-101.1
146. **Zellagui, A., Gherraf, N., & Rhouati, S. (2012).** Chemical composition and antibacterial activity of the essential oils of *Ferula vesceritensis* Coss et Dur. leaves, endemic in Algeria. *Organic and medicinal chemistry letters*, 2(1), 31.

## Références bibliographiques

---

147. Zhang H., Ye L and Wang K., 2010-Structural characterization and anti-inflammatory activity of two water-soluble polysaccharides from *Bellamyia purificata*. *Carbohydrate Polymers*. Vol.81(4):953–960
148. Zhang, S, et LI. X-Z, 2015.Inhibition of  $\alpha$ -D-glucosidase by polysaccharides from the fruit hull of *Camellia oleifera* Abel. *Carbohydrate Polymers*; Vol. 115: 38-43.
149. Zhauynbaeva. K-S, Rakhimov. D-A, Nigmatullaev I. A-A, 2010. Polysaccharides from seeds of higher plants. Water soluble polysaccharides from plant seeds of family *Apiaceae*. *Chemistry of Natural Compounds*; vol. 46 (5): 783-784.
150. Zhu, Y., Wang, C., Jia, S., Wang, B., Zhou, K., Chen, S., ... & Liu, S. (2018). Purification, characterization and antioxidant activity of the exopolysaccharide from *Weissella cibaria* SJ14 isolated from Sichuan paocai. *International journal of biological macromolecules*, 115, 820-828.
151. Zobiri, O., & Hamaiti, M. (2019). Contribution à l'étude de l'activité anti-inflammatoire des polysaccharides hydrosolubles d'*Astragalus gombo* chez les rats Wistar albinos.

# **Annexes**

## Annexes

## Annexe 01

**Tableau 01:** Origines et caractéristiques physico-chimiques des produits utilisés au cours de l'expérimentation.

Produit	Forme	Formule chimique	Caractéristiques Masse molaire(g/mol)	Pureté (%)
Acétone	Liquide	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58,08	100
Acide acétique	Liquide	CH <sub>3</sub> COOH	60,05	99,5
Méthanol	Liquide	CH <sub>3</sub> OH	32,04	99,9
Ethanol	Liquide	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46,07	99,5
Ether de pétrole	Liquide	/	/	95
DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)	Poudre	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> N <sub>5</sub> O <sub>6</sub>	394	/
DMSO(Diméthyle sulfoxyde)	Liquide	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> OS	78,133	/
Eau physiologique	Liquide	Na Cl	58,443	/

**Tableau 02 :** Origines et types d'appareils utilisés au cours de l'expérimentation.

Appareil Type	Type	Lieu de fabrication
Autoclave	TIMO	/
Bain marie	/	/
Balance	RADWAG	
Centrifugeuse	SIGMA	Allemagne
Etuve MEMMERT	MEMMERT	Allemagne
Spectrophotomètre	JENWAY	France
Spectrophotomètre	SECOMAM PRIM	France

Annexe 02:

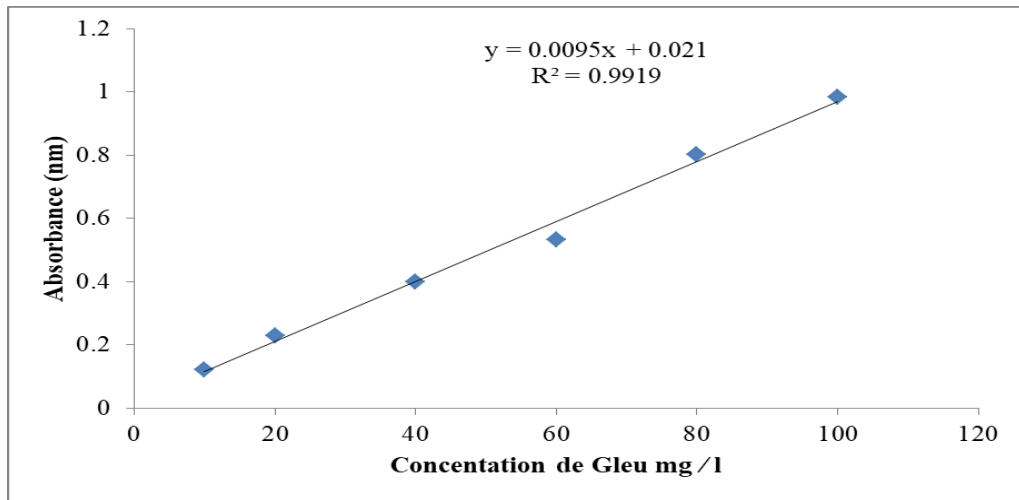


Figure 1. Courbe d'étalonnage des oses totaux.

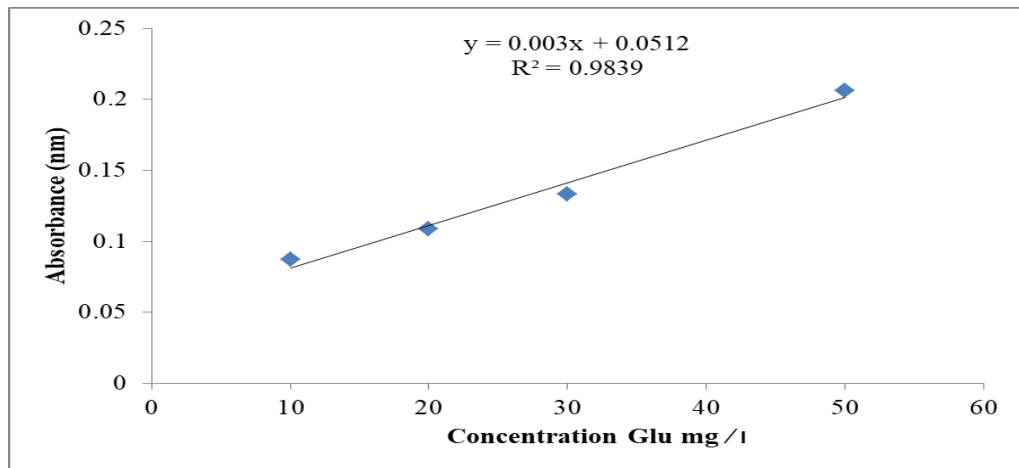


Figure 2. Courbe d'étalonnage des oses neutres.

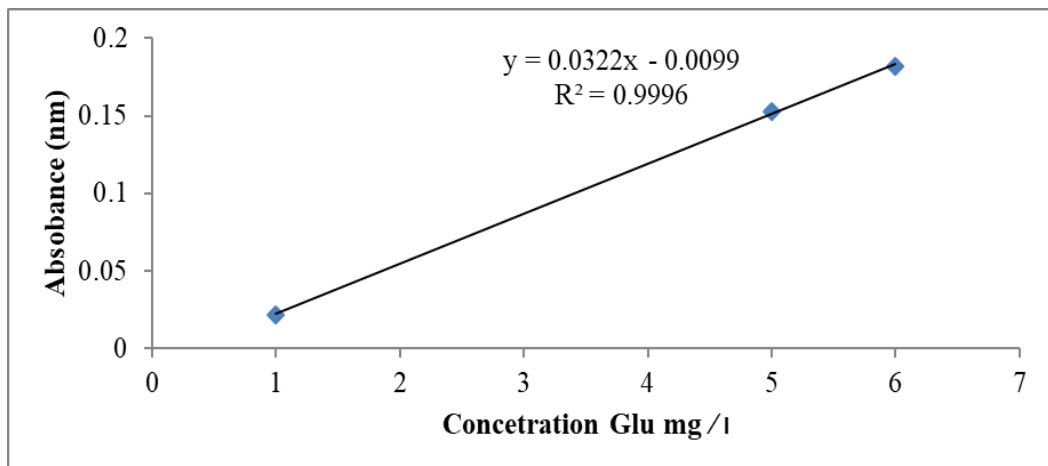


Figure 3. Courbe d'étalonnage de protéine.



## Annexe 03

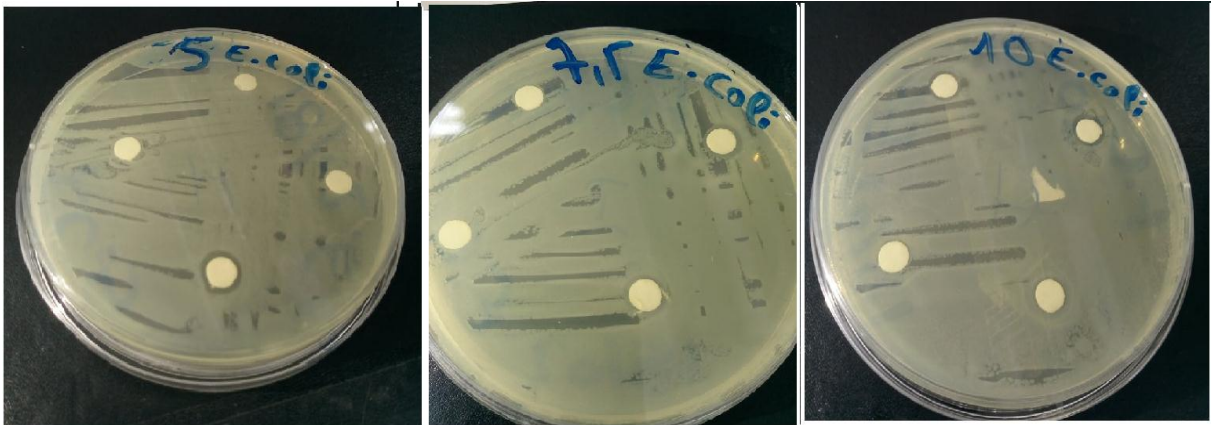


**Figure 04.** La coloration de l'activité anti oxydant par méthode DDPH de l'extrait de polysaccharide des inflorescences de *F.vesceritens*.

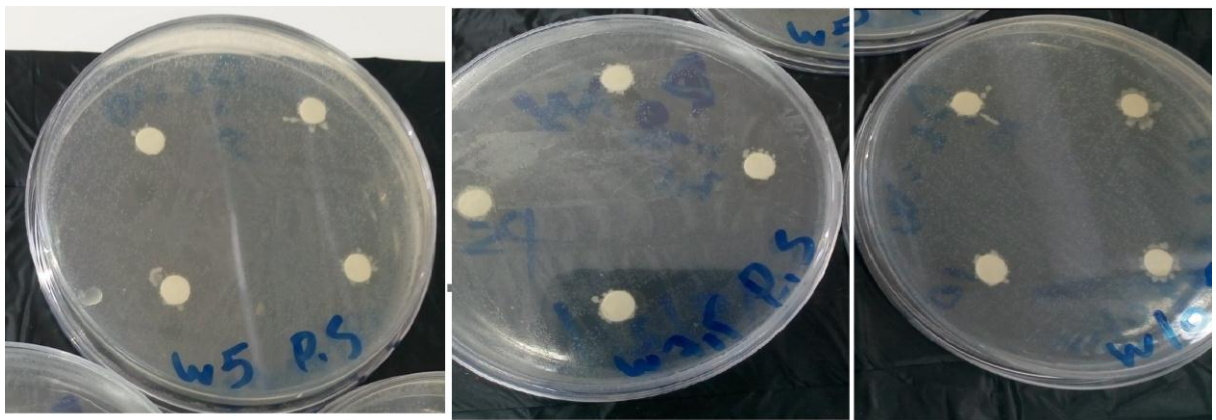
**Tableau 3 :** Diamètre des zones d'inhibitions de l'antibiotique gentamycine et de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles des inflorescences de *F.vesceritensis* vis-à-vis les souches bactériennes.

<b>Le diamètre de zone d'inhibition mm</b>	<b>Gentamycine</b>	<b>Extrait 5 mg / ml</b>	<b>Extrait 7,5 mg / ml</b>	<b>Extrait 10 mg / ml</b>
<i>E .coli</i>	26	7±0,53	8±0,81	9±0,63
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	24	6	6	6±0.01
<i>Staphylococcus aureus</i>	14	6	6	7±0,82

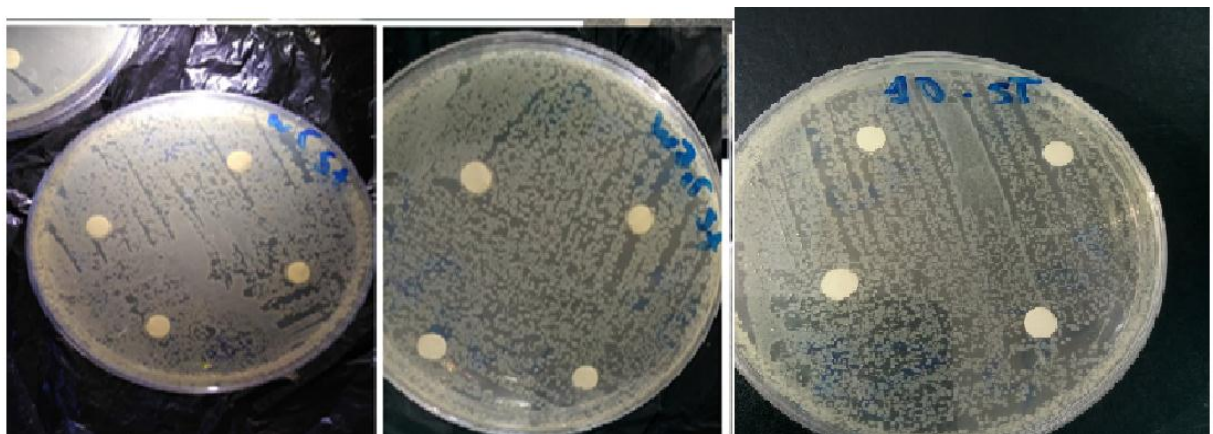
Annexe 04



**Figure 05:** Représentation de sensibilité de *E. coli* à l'extrait de polysaccharide des inflorescences de *F. vesca*.



**Figure06:** Représentation de l'effet de l'extrait de polysaccharide de inflorescences de *F. vesca* sur *Pseudomonas aeruginosa*.



**Figure07:** Représentation de l'effet de l'extrait de polysaccharide des inflorescences de *F. vesca* sur *Staphylococcus aureus*.