

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département Biochimie-Microbiologie

# *Mémoire*

De fin d'études

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en  
Sciences de la Nature et de la Vie  
**Spécialité : Biochimie Appliquée**

*Thème*

**Extraction, caractérisation et bio-activité des  
polysaccharides pectiques issus des feuilles  
d'*Aloe vera***

**Réalisé par :**

M<sup>elle</sup> IBOUKHOULEF Leticia & M<sup>elle</sup> LARDJANE Siham

**Soutenu devant le jury composé de :**

Mme HELLAL Z.	Maitre assistant classe A à L'UMMTO	Président.
M <sup>r</sup> LEFSIH K.	Maitre conférence classe B à L'UMMTO	Promoteur.
M <sup>me</sup> BENOUATTAS H.	Docteur en pharmacie à LNCPP	Co-promotrice.
M <sup>r</sup> RAMOUNE M A.	Maitre conférence classe B à L'UMMTO	Examineur.
M <sup>r</sup> SEBBANE H.	Maitre assistant classe B à L'UMMTO	Examineur.

**Année universitaire : 2016 -2017**

# Remerciements



*Avant d'exposer nos recherches, il est nécessaire d'exprimer, avec plaisir, notre reconnaissance et nos remerciements à tous ceux qui nous ont aidés à les réaliser et qui nous ont fait l'honneur de les juger.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude au **Dieu** tout puissant pour nous avoir donné la force, le courage et la volonté et de nous avoir guidés au parachèvement ce mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences biologiques et agronomiques option Biochimie Appliquée.*

*Nos remerciements vont tout naturellement à Monsieur **Khalef LEFSIH**, maître de conférences à la faculté des sciences biologiques et agronomiques de l'université Tizi-ouzou, pour avoir accepté d'encadrer ce travail depuis les premiers instants. Sa pédagogie, son écoute, son ouverture d'esprit et sa vision de la recherche scientifique, ont été importantes pour nous. Ses connaissances didactiques ont largement contribué à l'évolution de cette étude. Vous nous avez appris à poser les bonnes questions et y répondre avec un maximum de rigueur. On vous remercie également de nous avoir montré l'exemple dans la préparation et la rédaction de nos travaux.*

*Nos sincères remerciements et nos hommages respectueux vont à Monsieur le professeur **Henni CHADER**, chef de service de pharmacotoxicologie du Laboratoire National de Contrôle des Produits Pharmaceutiques (LNCPP), pour nous avoir accueillis au sein de son laboratoire et nous avoir donné l'opportunité d'approfondir un des vastes domaines de la Science et nous avoir guidé et enseigné les réflexes d'un bon chercheur. Vos qualités scientifiques et humaines, votre écoute, votre patience, votre optimisme et votre extraordinaire force de travail font de vous un exemple dont on espère pouvoir longtemps en profiter.*

*Nous tenons à remercier tout en particulier Mlle **Hana BENOUATTAS**, docteur en pharmacie au niveau du service pharmacotoxicologie au LNCPP, pour son enseignement pratique ainsi que pour son soutien moral. On la remercie encore pour son Co-encadrement, sa disponibilité et les nombreuses discussions scientifiques que nous avons eu à échanger.*

# *Remerciements*

*Notre profonde gratitude va également à Madame Yasmine ABAD et Monsieur Adel ABAD responsables du laboratoire de contrôle de qualité et d'hygiène alimentaire QUALITEK ainsi que leurs équipe Nessrine et Amina pour leur aide précieuses en analyse physicochimique, merci d'avoir collaborer et participer de près à la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous remercions Monsieur Mohand A RAHMOUNE maitre de conférence classe B pour ces conseils Et son orientation.*

*Nous remercions les membres de jury de nous avoir fait l'honneur de soutenir ce modeste travail.*

*Nous remercions tout le personnel du service Pharmacotoxicologie du LNCPP pour leur aide et leur sympathie, merci à Nouara, Akram, Khadidja, Louisa, Abdelghani Fousia, Abdelghani, Fahima, Nawal, ainsi qu'aux stagiaires Chaima , Abdou et Oussama pour votre présence et soutient moral.*

*Je tiens à remercier le Laboratoire de Biochimie, Biophysique, Biomathématiques et Scientometrie à l'université ABDERRAHMANE MIRA, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Alimentaires, Bejaia de nous avoir accueilli au sein du Laboratoire.*

*Enfin notre profonde reconnaissance à toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*





# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire,  
A mes très chers parents  
A la mémoire de mes grands-parents  
A mes très chères sœurs et frères.  
A la très chère famille BOUAZIZ et GUENDOZ*

*A Mme Yasmine TARIGHT A,  
A Nesrine KABI,  
A Amina MAZA,  
A Redha IBOUKHOULEF,  
A Lamia HAOUCHINE  
A Ouardia KHENNACHE  
A Lila KHRIS*

*A Sarah GUENDOZ,  
A Lotfi GUENDOZ,  
A Monsieur Samir BOUAZIZ  
A Mme Rafika BOUAZIZ*

*A mon binôme Siham LARDJANE,*

*A tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et soutenu durant  
cette année de formation.*

*Liticia.*





# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire,  
A mes très chers parents  
A mes grands-parents  
A mes très chères frères Redouane et Mustapha.  
A la très chère famille Lardjane, Méziani et Maalem.*

*A Lamia HAOUCHINE  
A Ouardia KHENNACHE  
A Lila KHRIS*

*A mon binôme Leticia IBOUKHOULEF*

*A tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et soutenu durant  
cette année de formation.*

*Siham*





# *Table des matières*



<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	<b>I</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b>	<b>II</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES UNITES</b>	<b>VI</b>
<b>INTRODUCTION GENERAL</b>	1
<b>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>CHAPITRE I : Généralités sur l'<i>Aloe vera</i></b>	
1. Historique	3
2. Distribution géographique	4
3. Description botanique	4
1.1. Taxonomie et nomenclature	4
1.2. Anatomie et morphologie	5
4. Composition chimique de l' <i>Aloe Vera</i>	7
5. Activités et effets thérapeutiques de l' <i>Aloe Vera</i>	9
5.1. Usages cosmétiques	9
5.2. Activité antibactériennes et antifongique	10
5.3. Activité antioxydante	10
5.4. Activité anti-inflammatoire	10
5.5. Effets anticancéreux	11
5.6. Protection de l'exposition de la peau aux rayons UV et gamma	11
5.7. Diabète	11
5.8. Effet sur la sécrétion d'acide gastrique et les ulcères	12
6- Effets secondaires de l' <i>Aloe Vera</i>	12
<b>CHAPITRE II : Les polysaccharides pariétaux</b>	13
1. Caractérisation des polysaccharides pariétaux	13
1.1 Les pectines	13
1.1.1 Galacturonanes	14
1.1.2 Rhamnogalacturonanes	14
1.1.3 Arabinanes	15
1.1.4 Galactanes	16
1.1.5 Arabinogalactanes	16
1.2 Les hémicelluloses	16
1.2.1 Xyloglucanes	17
1.2.2 Xylanes	17
1.2.3 Mannanes	17
1.3 La cellulose	18
2. Propriétés et applications des polysaccharides	19
2.1 Les pectines	19
2.2 Les hémicelluloses	19
2.3 La cellulose	19

**PARTIE EXPERIMENTALE**  
**MATERIELS ET METHODES**

**CHAPITRE I : Extraction des polysaccharides pectiques**

1. Matériels	20
1.1. Cadre d'étude	20
1.2. Matériel végétal	20
1.3. Equipements	20
1.4. Réactifs chimiques	20
2. Protocol d'extraction des polysaccharides pectiques	21

**CHAPITRE II : Caractérisation physico-chimique des polysaccharides pectiques**

1. Matériel	24
1.1. Matériel végétal	24
1.2. Appareillages	24
1.3. Réactifs chimiques	24
2. Méthodes	24
2.1 Spectroscopie FTIR en phase solide	24
2.1.1 Principe	24
2.1.2 Mode opératoire	25
2.2 Composition en oses constitutifs par Chromatographie Haute Pression Echange d'Anions (HPAEC)	25
2.2.1. Principe	25
2.2.2. Mode opératoire	26

**CHAPITRE III : Dosage colorimétrique**

1. Matériel	27
1.1. Cadre d'étude	27
1.3. Réactifs chimiques	27
1.4. Appareillage	27
2. Méthodes	28
2.1 Dosage des glucides par la méthode de phénol-acide sulfurique	28
2.1.1 Principe	28
2.1.2 Mode opératoire	28
2.2.2 Dosage des protéines par la méthode de BRADFORD	28
2.2.1 Principe	28
2.2.2 Mode opératoire	29

**CHAPITRE IV : Activités biologiques des polysaccharides pectiques**

1. Matériel	30
1.1. Cadre d'étude	30
1.2. Matériel végétal	30
1.3. Support bactérien	30
1.4. Matériel animal	30
1.5. Réactifs chimiques et milieux de cultures	31
1.6. Appareillages	31
2. Méthodes	32

2.1 Pouvoir réducteur	32
2.1.1 Principe	32
2.1.2 Mode opératoire	33
2.2 L'activité antibactérienne	33
2.2.1 Principe	33
2.2.2 Mode opératoire	34
2.3 L'activité anti-inflammatoire <i>in vivo</i>	37
2.3.1 Principe	36
2.3.2 Mode opératoire	36

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

1. Rendement d'extraction de la fraction polysaccharide pectique	39
2. Caractérisation physique-chimique des polysaccharides pectiques	40
2.1 Analyse spectroscopie FTIR en phase solide	40
2.2 Composition en oses constitutifs par Chromatographie Haute Pression Echange d'Anions (HPAEC)	42
3. Dosage des protéines et glucides totaux	43
4. Bio-activité des polysaccharides pectiques	45
4.1 Évaluation du pouvoir réducteur	45
4.2 Évaluation de l'activité antimicrobienne	47
4.3 Évaluation <i>in Vivo</i> de l'activité anti-inflammatoire des PP	49

<b>CONCLUSION</b>	56
-------------------	----

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **ANNEXES**

## **RESUME**

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I</b>	Anatomie et caractéristiques morphologiques de l' <i>Aloe vera</i>
<b>Tableau II</b>	La composition chimique de l' <i>Aloe vera</i>
<b>Tableau III</b>	Rendement d'extraction de la fraction polysaccharide pectique.
<b>Tableau IV</b>	Caractérisation des monosaccharides constitutifs de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles issu d' <i>Aloe vera</i> .
<b>Tableau V</b>	les résultats de l'analyse de l'activité antimicrobienne des PP issus des feuilles d' <i>Aloe vera</i> .
<b>Tableau VI</b>	Identification du lot d'œdème témoin.
<b>Tableau VII</b>	Identification du lot traité par le Diclofénac pommade 1%.
<b>Tableau VIII</b>	Identification du lot traité par les PP 1%.
<b>Tableau IX</b>	Identification du lot traité par les PP 5%.
<b>Tableau X</b>	Identification du lot traité par les PP 10 %.
<b>Tableau XI</b>	Identification du lot traité par le gel d' <i>Aloe vera</i> .
<b>Tableau XII</b>	Identification du lot témoin véhicule (l'huile de paraffine).

## LISTE DES FIGURES

- Figure 01** Structure du squelette de base de la pectine.
- Figure 02** Structure du rhamnogalacturonane-I.
- Figure 03** Structure du rhamnogalacturonane-II.
- Figure 04** Structure des arabinanes.
- Figure 05** Structure des xylanes.
- Figure 06** Structure moléculaires de la cellulose.
- Figure 07** Préparation de la poudre fine d'*Aloe vera*.
- Figure 08** Procédure d'extraction des polysaccharides.
- Figure 09** Procédé de déproteination de Sevag.
- Figure 10** Les grandes étapes de l'analyse FTIR.
- Figure 11** Les principales étapes du dosage de protéines par la méthode de Bradford.
- Figure 12** Réactions mises en jeu dans le test au ferrocyanure de potassium.
- Figure 13** Lecture de l'activité antibactérienne sur milieu solide par la méthode de diffusion sur disque.
- Figure 14** Les principales étapes de la méthode de diffusion sur gélose.
- Figure 15** Les principales étapes de l'étude de l'activité anti-inflammatoire sur le model d'œdème de l'oreille induit par le xylène chez la souris.
- Figure 16** Spectre FTIR en phase solide de la poudre fine des polysaccharides pectiques.
- Figure 17** Courbe d'étalonnage de la BSA.
- Figure 18** Courbe d'étalonnage du D-glucose.
- Figure 19** Taux de protéines et glucides totaux d'échantillon PP étudié.
- Figure 20** Pouvoir réducteur de la vitamine C et des PP issus des feuilles d'*Aloe vera*.
- Figure 21** L'activité antimicrobienne des PP issus des feuilles d'*Aloe vera*.
- Figure 20** Les disques prélevés à partir des oreilles traités et non traités d'une souris.
- Figure 23** Le poids d'œdème des différents lots testés et lots témoins.
- Figure 24** Le pourcentage de réduction d'œdème de l'oreille chez la souris des différents lots testés.

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>PP</b>	Polysaccharides Pectique
<b>BSA</b>	Albumine Bovine Sérum
<b>PBS</b>	Tampon Phosphate Salin
<b>HPAEC</b>	Chromatographie Haute Pression Echange d'Anions
<b>PAD</b>	Détection ampérométrique pulsée
<b>FTIR</b>	Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier
<b>TFA</b>	Acide trifluoroacétique

## LISTE DES UNITES

✓ %	<b>Pour cent</b>
✓ °C	<b>Degré Celsius</b>
✓ µL	<b>Microlitre</b>
✓ Cm	<b>Centimètre</b>
✓ g	<b>Gramme</b>
✓ h	<b>Heure</b>
✓ L	<b>Litre</b>
✓ M	<b>Molaire</b>
✓ mg	<b>Milligramme</b>
✓ mL	<b>Millilitre</b>
✓ Mm	<b>millimolaire</b>
✓ min	<b>Minute</b>
✓ UFC	<b>Unité formant colonie</b>

## INTRODUCTION

Mille milliards de tonnes de matière vivante se créent chaque année à la surface de la terre. Une biomasse constituée en majeure partie de molécules ou de macromolécules glucidiques : lignocellulose surtout, mais aussi amidon et hémicelluloses. En dépit de cette domination, on a longtemps considéré les sucres et leurs dérivés comme des molécules d'importance biologique secondaire, les cantonnant à un rôle de structure (la cellulose par exemple) ou de stockage de l'énergie (amidon ou saccharose) (Brudieux, 2007).

Les phytopolysaccharides sont une classe de biomolécules dont certains présentent des propriétés biologiques susceptibles d'être valorisées à une échelle industrielle. Extraits majoritairement des végétaux, ces polymères hydrosolubles établissent des interactions spécifiques avec l'eau et peuvent épaissir, stabiliser ou gélifier une solution, même à faible concentration. L'intérêt des polysaccharides ne se limite pas à leurs propriétés rhéologiques : le rôle biologique de certains d'entre eux les désigne comme des molécules à activités pharmaceutique ou dermocosmétologique (Perez, 1997).

Les pectines sont une classe complexe de phytopolysaccharides qui entrent dans la composition des parois cellulaires végétales. Ces molécules sont très utilisées par les industries agro-alimentaires et on estime à environ 5 grammes, la quantité de pectines consommées chaque jour dans un régime alimentaire occidental moyen (Renard, Voragen, Thibault, & Pilnik, 1990) . La consommation annuelle mondiale de pectines est estimée à 45 millions de kg avec un marché situé aux environs de 400 millions d'euros. Les pectines sont considérées comme des additifs alimentaires et, à ce titre, sont enregistrées sous le n° E440. Bien plus que de simples additifs alimentaires, les propriétés biologiques des pectines tant dans le domaine thérapeutique en santé humaine que dans celui de l'organisation et de l'évolution des structures pariétales en physiologie végétale, font d'elles une classe de molécules remarquables. En effet elles sont utilisées comme agents gélifiants, stabilisants, émulsifiants et épaississants. La relation étroite entre leur structure et leur fonction a motivé de nombreuses études et explique le nombre considérable de références bibliographiques (Brudieux, 2007).

L'Algérie fait partie des pays méditerranéens de par sa situation géographique et sa photopériode constitue un biotope idéal pour la culture des liliacées et des plantes résistant à l'aridité en général. Afin de bénéficier de cette biomasse riche en pectine, une bonne maîtrise des conditions d'extractions de cette macromolécule est nécessaire. L'objectif de ce travail est :

- ✓ D'extraire les polysaccharides hydrosolubles à partir des feuilles de l'*Aloe vera* ;
- ✓ caractérisation biochimique des polysaccharides pectiques (PP) ;
- ✓ étude de leur bioactivité anti-inflammatoire et antibactérienne et du pouvoir réducteur.

L'étude menée sur l'*Aloe vera* se déroule comme suit :

- I- Partie bibliographique:** le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique, rappelant des généralités sur l'*Aloe vera* incluant l'historique de la matière végétale; sa répartition géographique, ses aspects botaniques, sa composition chimique et ses activités thérapeutiques. Le second chapitre porte essentiellement sur les polysaccharides végétaux et quelques exemples de familles chimiques de polysaccharides ainsi qu'à leurs domaines d'application.
- II- Partie expérimentale :** elle est consacrée à l'étude des polysaccharides pectiques hydrosolubles extraits et leurs activités biologiques, suivie par les principaux résultats et discussions. elle est subdivisée en quatre chapitres:
  - 1) Extraction des polysaccharides pectiques : consiste à l'extraction des polysaccharides pectiques à partir de l'*Aloe vera* en se basant sur l'extraction conventionnelle solide-liquide et leur déprotection par la méthode de Sevag.
  - 2) Caractérisation physico-chimique : dans cette partie, deux techniques ont été utilisées ; une chromatographie échangeuse d'anions à haute performance dont le but est de déterminer les monosaccharides constitutifs du PP, et une analyse FTIR qui vise à confirmer la nature de ces PP.
  - 3) Dosages colorimétriques : partie consacrée pour la détermination de la quantité en glucides totaux et la teneur en protéines des extraits polysaccharides pectiques.
  - 4) Etude de la bio-activité des PP : elle est impliquée dans l'étude du pouvoir réducteur, l'activité antibactérienne et anti-inflammatoire.

## CHAPITRE I : Généralités sur l'*Aloe vera*

### 1. Historique

A travers les âges, l'*Aloe vera* a été vénérée par de nombreuses civilisations et cultures. Tant et si bien qu'elle a acquis le nom de plante divine et symbolisait « la beauté, la santé et le mieux-être ». A l'heure actuelle, personne ne peut vraiment dire depuis quand datent les premières traces de son utilisation en tant que plante médicinale, mais on retrouve des témoignages qui montrent que son usage datait depuis plus de 5000 ans, dans des régions du monde aussi éloignées les unes des autres, telles que le sud de l'Europe, l'Asie, le nord de l'Afrique, l'Amérique et l'Extrême Orient (Benzie and Wachtel-Galor 2011).

Symbole de l'immortalité, les Egyptiens de l'antiquité étaient convaincus que l'*Aloe vera* possédait le pouvoir de faciliter le passage des défunts dans l'autre monde, ils disposaient ainsi des feuilles d'*Aloe vera* dans les tombeaux de leur pharaons défunts afin que leur voyage se déroule sous les meilleurs auspices.

La première mention historique de l'usage de cette plante en tant que cosmétique est probablement celle de la reine d'Egypte « Cléopâtre », utilisant en secret le gel d'*Aloe vera* dans son bain comme soin de beauté et élixir de jeunesse (Haller Jr 1990).

L'*Aloe vera* faisait déjà largement partie de la pharmacopée chinoise 4000 ans avant Jésus-Christ, et avait été surnommée « la plante de l'harmonie » en vertu de son action agissant sur tous le corps, elle a été considérée comme la plante spécifique du traitement des brûlures et des affections de la peau. Plus tard, vers 700-800 ans après J-C, les Chinois l'utilisèrent pour traiter les sinusites, la fièvre et les convulsions chez les enfants, les maux d'estomac, ainsi que dans le traitement de l'urticaire et autres affections cutanées. La médecine chinoise actuelle utilise sa pulpe pour le traitement de l'artériosclérose (Benzie and Wachtel-Galor 2011).

Les hindous appellent l'*Aloe vera* « le guérisseur silencieux », la médecine ayurvédique de l'Inde tient l'*Aloe vera* en haute estime, en tant que plante majeure de sa pharmacopée. Considérée comme plante sacrée, certaines de ses espèces étaient rigoureusement protégées, son gel était utilisé comme guérisseur en chirurgie (application du gel brute sur l'incision) pour favoriser une cicatrisation rapide, meilleur et naturel (Benzie and Wachtel-Galor 2011).

Les Arabes connaissent depuis la plus haute antiquité les vertus de l'*Aloès* qu'ils appellent « Lys du désert ». 600 ans avant J-C, la civilisation arabe fut l'une des premières à

décrire deux suc différents et à développer un processus de séparation du gel et de la sève : à l'aide de leurs pieds nus, les Arabes écrasaient les feuilles d'*Aloe vera* et plaçaient la pâte ainsi obtenue dans des sacs en peau de chèvre. Ensuite, ces sacs étaient placés en plein soleil pour que le contenu soit complètement desséché puis il était réduit en poudre. Ces extraits résineux, qui servaient surtout de laxatif, mais aussi à bien d'autres usages internes et externes, ont largement contribué à la diffusion de l'*Aloès* dans de nombreux pays du Moyen-Orient et d'Asie (Natacha Michayewicz, 2013).

Pour les Grecs, l'*Aloe vera* symbolisait la beauté, la patience, la fortune et la santé. Dioscoride, un médecin grec et botaniste de l'Antiquité a décrit les propriétés de la plante dans son traité « De Materia Medica ». Elle était utilisée pour la cicatrisation ; le traitement des furoncles, des irritations de la sphère ORL, des peaux sèches et irritées, des ulcères génitaux, et pour l'arrêt des saignements (Natacha Michayewicz, 2013).

## 2. Distribution géographique

Le nom *Aloe* vient du mot *Alloeh* arabe signifiant une substance amère brillante. *Aloe vera* est une plante de type cactus qui pousse facilement en climat chaud et sec, et actuellement, en raison de la forte demande, est cultivée en grande quantité. elle pousse principalement dans les régions sèches d'Asies, d'Afrique, d'Amérique et d'Europe (Sanghi).

## 3. Description botanique

Grindlay and Reynolds (1986) ont décrit 314 espèces d'*Aloès* dans ses monographies classiques, actuellement ce genre répertorie plus de 420 espèces (Haller Jr 1990) classées en deux groupes en fonction de leur utilisation, la plus connue et la plus utilisée est l'*Aloe vera* (Grindlay and Reynolds 1986) de son nom botanique *Aloe vera Barbadosensis Miller*, du mot « aloès », on la retrouve également sous la dénomination d'*Aloe vulgaris* ou *Aloe vera*. Elle a été introduite par la suite au nord de l'Afrique, dans la péninsule arabique, la Chine, les pays méditerranéens (Haller Jr 1990).

### 3.1. Taxonomie et nomenclature

Règne : Végétal

Division : Trachéophytes

Embranchement : Spermaphytes

Sous /Embranchement : Angiosperme

Classe : Monocotylédones

Ordre : Asparagées

Famille : Liliaceae

Sous-famille : Asphodelaceae

Genre : *Aloe*

Espèce : *Aloe vera Barbadosensis Miler* (Baruah, Bordoloi et al. 2016).

### 3.2. Anatomie et morphologie

Les botanistes précisent que l'*Aloe vera* est une plante :

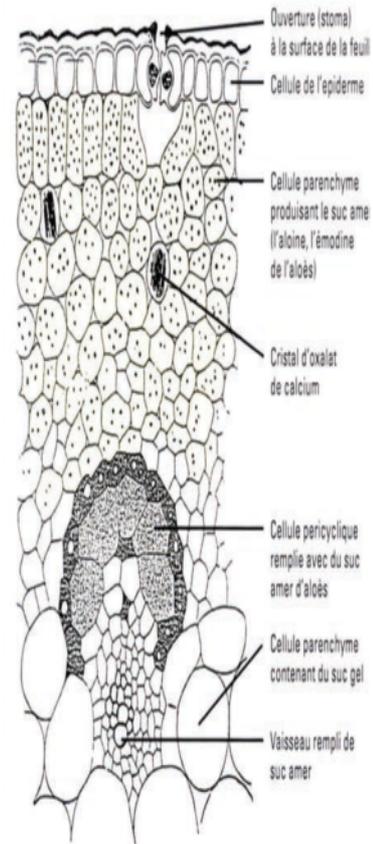
- Tropical
- Vivace
- Arborescente de 80 à 100 cm de haut
- A fleurs, de la famille des Liliaceae à laquelle appartiennent les asphodèles, le lys, l'oignon, l'ail, l'asperge, le muguet, la tulipe...etc.
- Faisant partie également des plantes grasses, succulentes du latin succus signifiant jus ou suc.

A l'état naturel, l'*Aloe vera* pousse sur des terrains sablonneux et calcaires de régions semi désertiques au climat chaud et sec. Sa reproduction s'opère par graines ou, plus aisément, par les rejets (stolons) qui poussent autour de son pied (Grindlay and Reynolds 1986).

**Tableau I:** Anatomie et caractéristiques morphologiques de l'*Aloe vera* (Grindlay and Reynolds 1986; Haller Jr 1990; Baruah, Bordoloi et al. 2016).

Organes	Caractéristiques morphologiques	Illustrations
Les feuilles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charnues, lisses, à section triangulaire, aux extrémités pointues avec des bords munis d'épines ;</li> <li>• 15 à 30 feuilles par plante ;</li> <li>• d'un vert vif et plus basses avec des taches blanchâtres irrégulières des deux côtés chez les jeunes plantes ;</li> </ul>	

- les matures sont de couleurs gris-vert ;
- les plus grandes atteignent 100 cm de long et 15 cm de largeur ;
- présentent une écorce externe large d'environ 15 couches de cellules, sa dureté est due à la présence de grandes quantités de calcium et de magnésium. Sous cette écorce se trouvent des faisceaux vasculaires ou des tubes de xylène et de liber. Le xylène transporte l'eau et les minéraux depuis les racines vers les feuilles, tandis que le liber transporte les matériaux synthétisés vers les racines et les autres parties de la feuille ;
- la coupe transversale d'une feuille d'*Aloe vera* permet de distinguer, de l'extérieur vers l'intérieur: la cuticule, une couche épidermique, épaisse à structure consistante capable de retenir la quasi-totalité de l'humidité à l'intérieur, ce qui protège la plante de la chaleur et des rayons ultraviolets, au centre se trouve une pulpe épaisse : parenchyme mucilagineux incolore qui est le précieux gel, capable de stocker l'eau filtré par les racines et les feuilles et les substances nutritives en vue des longues périodes de sécheresse.



La tige	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tige ligneuse, courte sur laquelle se dressent des feuilles en rosettes spiralées.</li> </ul>	
Les racines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elles sont de couleur jaunâtre, massives, courtes, et peu profondes.</li> </ul>	
Le fruit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se présente sous la forme de petites capsules ovoïdes contenant de nombreuses graines.</li> </ul>	
Les fleurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apparaissent à maturité sur une ou plusieurs hampes, de couleurs jaunes ou rouges, atteignant parfois deux mètre ;</li> <li>• disposées sous forme de grappes pendantes (trompettes).</li> </ul>	

#### 4. Composition chimique de l'Aloe vera

L'Aloe vera est composée de 99% d'eau, tous ces produits chimiques sont répartis dans la plante dans le pourcent restant. Bien que ceci semble être un faible pourcentage pour contenir tant d'ingrédients, leurs vertus sont prouvées ([Bhattacharya, Malik et al. 2011](#)).

L'Aloe vera, Contient plus de 100 substances bioactives. Sans conteste, cette plante est un véritable et réel trésor de la nature. La multitude de ses composants et leur combinaison sous la forme d'un cocktail de principes actifs en fait un produit unique en son genre ([Sanghi](#)).

**Tableau II:** La composition chimique de l'Aloe vera (Sanghi ; Shelton 1991; Femenia, Sánchez et al. 1999; Dagne, Bisrat et al. 2000; Choi and Chung 2003; Hamman 2008; Bhattacharya, Malik et al. 2011).

Classe	Composants	Effets
Les vitamines	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vitamine B1 ,B2, B3, PRO-B5 ,B6, B9, B12,C,D,E ,acides folique, niacine, choline, inositol, B-carotène, tocophérol.</li> <li>● vitamine A, C, E</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vitamine B12, acides folique participent à la production des cellules sanguines ;</li> <li>● régénération cellulaire ;</li> <li>● sont des antioxydants cruciaux...etc.</li> </ul>
Les sels minéraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Calcium-Potassium</li> <li>● Magnésium</li> <li>● Zinc</li> <li>● Fer</li> <li>● Manganèse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Veille à la solidité des os, des dents, et fibres de collagène, et stimule la coagulation du sang lors des blessures ;</li> <li>● intervient dans l'équilibre hydrique ;</li> <li>● intervient dans le processus d'hématopoïèse ;</li> <li>● renforce les défenses immunitaires, et stimule la formation du collagène...etc.</li> </ul>
Les acides aminés	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alanine, arginine, thréonine, glycine, histidine, proline, leucine, isoleucine, lysine, méthionine, valine, serine, tyrosine...etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● contribuent à des milliers de processus métaboliques dont la construction, croissance et régulation...etc.</li> </ul>

Les lipides	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Phytosterols : cholestérol, campestérol, lupéol, b-sitostérol.</li> <li>● acide linolénique, acide glutamique, acide arachidonique, triglycérides.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Agents anti-inflammatoire, vertus antiseptiques, analgésiques ;</li> </ul>
Les Anthraquinones	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aloïne, isobarbaloine, anthracène, emodine, ester d'acide cinnamique, acide chrysophanique, barbaloine, anthranol, acide aloétique, resistannol...etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ils agissent en tant que laxatifs naturels et analgésiques. Présentant également des actions antibactériennes, antifongiques, antiprotozoaires et antioxydants ...etc.</li> </ul>
Les glucides	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Polysaccharides : pectine, cellulose, mannane, galactane, arabinogalactane, xylane.</li> <li>● monosaccharides : glucose, fructose, mannose, aldopentose, L-rhamnose.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fibres alimentaires ;</li> <li>● molécules plateformes pour différents produits bio-basés.</li> </ul>

## 5. Activités et effets thérapeutiques de l'Aloe vera

Généralement, l'Aloe vera a de nombreuses utilisations à la fois pour les humains et les animaux. Trois préparations distinctes de la plante sont utilisées : le latex d'Aloe vera, le gel d'Aloe vera et l'extrait de feuille entière d'Aloe vera, dont les ingrédients biologiques peuvent agir seuls ou en synergie (Christaki and Florou-Paneri 2010).

### 5.1. Usages cosmétiques

L'utilisation d'Aloe vera dans les cosmétiques n'est pas nouvelle. Aloe vera est utilisée à des concentrations variant de 1 à 98%. Il est bien connu que le gel d'Aloe vera permet de conserver l'humidité pour des périodes extrêmement longues et a des effets apaisants. Ainsi, Aloe vera a trouvé une application étendue dans les industries cosmétiques et

de toilette, tels que les hydratants, nettoyants, lotions solaires, dentifrices, rince-bouche, crèmes à raser, déodorants et shampooings (Christaki and Florou-Paneri 2010).

### 5.2. Activité antibactérienne et antifongique

De nombreux chercheurs ont mentionné que *Aloe vera* inhibe la croissance de certains microorganismes comme *Streptomyces pyogènes*, *Shigella flexneri*, *Klebsiella sp.*, en particulier contre les bactéries Gram positif causant des intoxications alimentaires ou des infections diverses. Quant à l'activité antifongique, elle a reçu moins d'attention, bien qu'une activité inhibitrice contre *Candida* ait été rapportée (Christaki and Florou-Paneri 2010).

### 5.3. Activité antioxydante

Les antioxydants dérivés des plantes, par exemple les substances phénoliques, sont connus pour être des composants très importants en raison de leurs actions bénéfiques potentielles. Certains composants antioxydants sont présents naturellement dans l'extrait aqueux des feuilles d'*Aloe vera* qui comprend les polyphénols, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, le  $\beta$ -carotène et l' $\alpha$ -tocophérol. L'activité antioxydante des extraits de feuilles d'*Aloe vera barbadensis Miler* obtenus à l'aide de quatre solvants d'extraction avaient une bonne propriété de piégeage de DPPH. On a également observé une augmentation notable du taux du glutathion réduit, de superoxyde dismutase, de la glutathion peroxydase et de la glutathion-S-transférase dans le foie et le rein du rat traité (Moniruzzaman, Rokeya et al. 2012).

### 5.4. Activité anti-inflammatoire

On pense que l'activité anti-inflammatoire du mannose-6-phosphate ressemble aux effets observés pour le mannane acétylé dans le gel d'*Aloès* qui réduit l'inflammation induite par les agents via la promotion de la synthèse des prostaglandines ainsi que l'infiltration accrue des leucocytes. Les effets des extraits aqueux et éthanolique du gel d'*Aloe vera* ont été testés sur l'œdème de la patte du rat ainsi que sur la migration des neutrophiles induite par la carraghénane. Il a été rapporté que les extraits aqueux inhibaient la formation d'œdème et diminuer le nombre de neutrophiles migrant. L'extrait éthanolique n'a pas montré d'effet sur l'œdème, mais a réduit le nombre de neutrophiles migrateurs (Hamman 2008).

### 5.5. Effets anticancéreux

Les deux fractions d'*Aloe vera* qui sont prétendus à avoir des effets anticancéreux comprennent les glycoprotéines (lectines) et les polysaccharides. L'activité anti-tumorale de polysaccharides isolés à partir d'*Aloe vera* et spécifiquement d'acémannan a été étudié dans de nombreux modèles *in vitro* ainsi que dans différents modèles animaux. Différentes études indiquent une activité anti-tumorale pour le gel d'*Aloe vera* en termes de réduction de la charge tumorale, de rétrécissement de la tumeur, de nécrose tumorale et de taux de survie prolongé. Un mécanisme d'action qui a été proposé pour ces effets anticancéreux des polysaccharides d'*Aloès* est la stimulation de la réponse immunitaire (Hamman 2008).

### 5.6. Protection de l'exposition de la peau aux rayons UV et gamma

Le gel d'*Aloe vera* a été rapporté pour avoir un effet protecteur contre les dommages de rayonnement à la peau. Le rôle exact n'est pas connu, mais après l'administration de gel d'*Aloe vera*, une protéine antioxydante, métallothionéine, est générée dans la peau, qui élimine les radicaux hydroxyles et empêche la suppression du superoxyde dismutase et de la glutathion peroxydase dans la peau. Elle réduit la production et la libération de cytokines immunosuppressives dérivées de kératinocytes de la peau telles que l'interleukine 10 et empêche par conséquent la suppression induite par UV de l'hypersensibilité retardée (Kumar and Yadav 2014).

### 5.7. Diabète

Des extraits d'*Aloe vera* augmentent la tolérance au glucose chez les rats normaux et diabétiques (Al-Awadi and Gumaa 1987) et la sève d'*Aloe vera* prise pendant 4 à 14 semaines a montré un effet hypoglycémiant significatif (Ghannam, Kingston et al. 1986). Les extraits de pulpe de feuilles et de gel d'*Aloe vera* étaient inefficaces pour abaisser le taux de glycémie des rats non diabétiques, mais l'extrait de pulpe de feuilles présentait une activité hypoglycémiant chez les rats diabétiques de type I et II (Okyar, Can et al. 2001).

### 5.8. Effet sur la sécrétion d'acide gastrique et les ulcères

Le gel d'*Aloe vera* a la capacité de guérir les ulcères gastriques ou de protéger contre sa formation chez les animaux et les humains. Les activités antiulcéreuses d'*Aloe vera* ont été attribuées à plusieurs mécanismes possibles, y compris ses propriétés anti-inflammatoires, les effets de cicatrisation, les effets stimulants du mucus et la régulation des sécrétions gastriques.

Ainsi, cette capacité particulière de l'extrait à inhiber la production d'acide gastrique pourrait être le résultat d'une action directe sur les cellules produisant l'acide (Sharma, Kharkwal et al. 2014).

#### **6. Effets secondaires de l'*Aloe vera***

L'*Aloe vera* possède certains effets secondaires dans certains cas. Parfois, certaines personnes développent une réaction allergique légère marquée par des démangeaisons ou une éruption cutanée, lorsqu'elles l'utilisent comme traitement topique. L'utilisation interne du latex d'*Aloe vera* peut également causer des douleurs abdominales ou des crampes ou même la diarrhée lorsque des produits contenant des anthraquinones sont consommés. En raison d'un traitement inapproprié, le jus d'*Aloe vera* contient parfois de petites quantités de composé laxatif dans le latex. En raison des effets laxatifs de ce dernier, la sur-utilisation peut provoquer des déséquilibres électrolytiques. Les femmes enceintes ne devraient pas prendre le latex d'*Aloès* car il peut causer des contractions utérines et déclencher la fausse couche. Le latex d'*aloès* n'est pas recommandé pour les personnes souffrant d'une maladie gastro-intestinale, d'une obstruction intestinale, d'une appendicite ou d'une douleur à l'estomac (Roos 2010).

## CHAPITRE II : LES POLYSACCHARIDES PARIÉTAUX

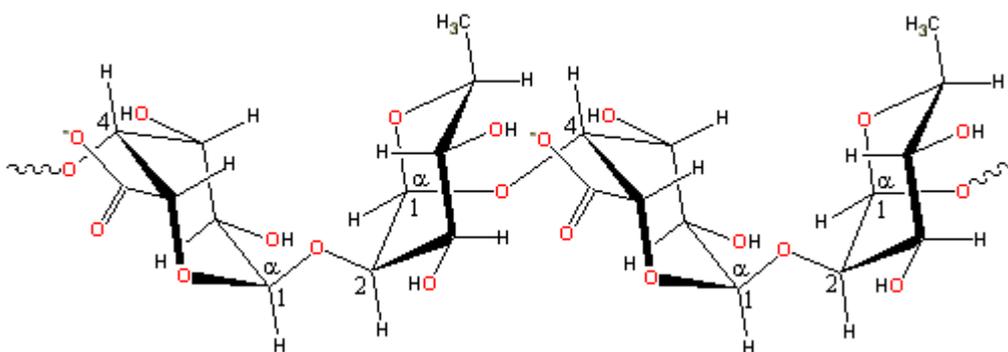
### 1. Caractérisation des polysaccharides pariétaux

La paroi végétale est constituée de plusieurs macromolécules étroitement liées entre elles. On distingue, généralement trois composés majoritaires : les pectines, les hémicelluloses et la cellulose (Willats, McCartney et al. 2001).

#### 1.1 Les pectines

En 1825, on a isolé la molécule décrite comme responsable de la gélification. Elle fut nommée pectine, l'analyse de cette dernière a permis de constater qu'il ne s'agissait pas d'une molécule mais d'un groupe de substances présentant une grande hétérogénéité. Il s'agit d'un groupe de polysaccharides complexes présents dans la plupart des végétaux supérieurs. L'hydrolyse acide totale d'une pectine fournit rarement plus de 5 sucres réducteurs, à savoir l'acide D-galacturonique, le L-rhamnose, le D-glucuronique, le galactose, l'arabinose et quelques fois des sucres rares comme le 2-O-méthyl-D-xylose ou le 2-O-méthyl-L-fucose (May 2000).

Les pectines ont pour structure de base un enchainement linéaire d'unités acide D-galacturonique (galacturonanes), qui peut être interrompu par des résidus rhamnose (rhamnogalacturonanes). Ces derniers enchainements peuvent être ramifiés par des chaînes latérales riches en unités arabinose et galactose (arabinanes, galactanes et arabinogalactanes) (Kertesz 1951) (figure 01).



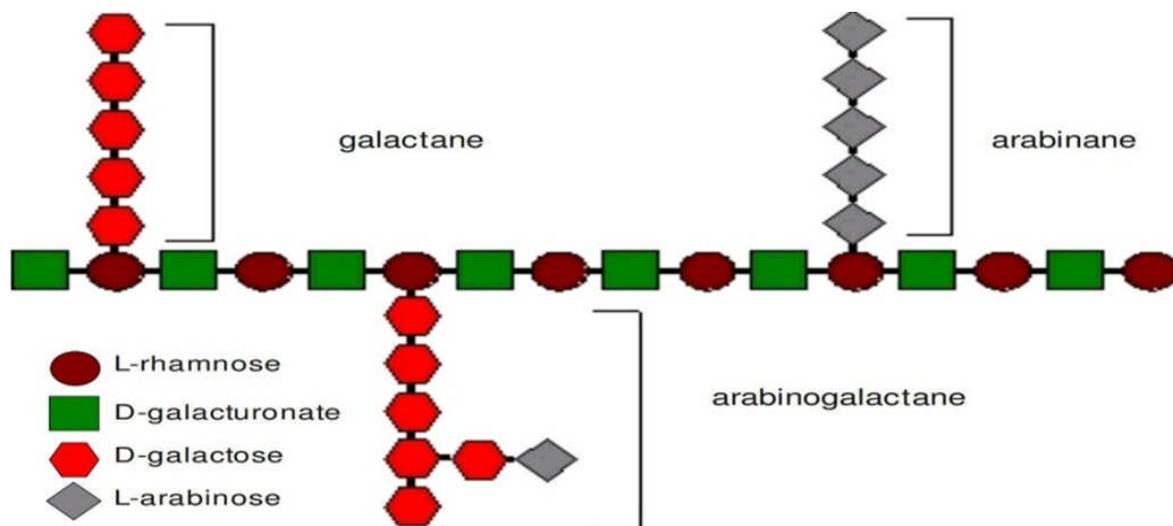
**Figure 01** : Structure du squelette de base de la pectine (Thakur, Singh et al. 1997).

### 1.1.1 Galacturonanes

Galacturonanes ou homogalacturonanes, sont des polymères linéaires constitués d'unités acide D-galaturonique reliées entre elles par des liaisons osidiques  $\alpha$ -(1→4), plus ou moins estérifiées (méthylés) et/ou partiellement acétylés en O-2 ou O-3 (O'NEILL, ALBERSHEIM et al. 1990).

### 1.1.2 Rhamnogalacturonanes

On distingue deux types : les rhamnogalacturonanes de type I dans lesquels les unités acide galacturonique sont intercalés par des résidus de rhamnose (O'NEILL, ALBERSHEIM et al. 1990) (figure 02).



**Figure 02:** Structure du rhamnogalacturonane-I (Chavez Montes 2008).

Les rhamnogalacturonanes de type II ont une structure beaucoup plus complexe et formant une famille de polysaccharides pectiques moins fréquente. En effet leur squelette est un homopolymère galacturonique ramifié en position 3 par des chaînes latérales contenant une grande diversité d'oses et de liaisons osidiques. Parmi ces oses, sont présents des résidus rhamnose, fucose, arabinose, xylose, galactose, glucose et acide galacturonique (Pérez, Rodriguez-Carvajal et al. 2003) (figure 03).



#### 1.1.4 Galactanes

Les galactanes ne contenant que des résidus galactopyranose sont de loin les plus rares dans le monde végétal ou difficilement extractibles sans dégradation. Il s'agit d'un homopolymère formé d'unités galactopyranose liées  $\beta$ -(1→4). Ce squelette peut porter un seul résidu galactose en position O-6 (Laine 2005).

#### 1.1.5 Arabinogalactanes

Les parois végétales contiennent des galactanes plus au moins ramifiés par des résidus arabinoses appelés arabinogalactanes. D'un point de vue structural, on en distingue deux classes : d'une part, les arabinogalactanes de type I, naturellement associés au squelette pectique, notamment aux rhamnogalacturonanes. Elles sont constituées de chaînes linéaires d'unités D-galactopyranose liées  $\beta$ -(1→4), sur lesquelles sont attachées en position O-3 des unités D-galactopyranose et des unités L-arabinofuranose liées  $\beta$  (1→5) (Gorshkova, Kozlova et al. 2013). D'autre part, les arabinogalactanes de type II, plus répandues dans la nature, sont constituées d'une chaîne principale  $\beta$ -(1→3)-galactopyranose sur laquelle peuvent se greffer en position O-6 des chaînes latérales. Ces chaînes sont formées de courtes chaînes d'unités galactopyranose liées en  $\beta$ -(1→6) et arabinofuranose liées en  $\alpha$ -(1→5). Ces dernières elles aussi peuvent être substituées soit par des résidus de galactose ou encore des unités arabinose d'où leur complexité structurale (Gorshkova, Kozlova et al. 2013).

### 1.2 Les hémicelluloses

Les hémicelluloses sont un des trois composants principaux de la biomasse lignocellulosique, représentant ~20-40 % de la biomasse. Elles constituent un groupe de polysaccharides complexes qui se caractérisent par leur solubilité dans des solutions alcalines et leur insolubilité dans l'eau. Les hémicelluloses sont définies structurellement comme des polysaccharides dont le squelette est composé de résidus  $\beta$ -(1→4)-D-pyranose. Elles se lient étroitement à la surface des microfibrilles de cellulose et d'une microfibrille à l'autre, par liaison hydrogène, et dans ce sens sont des glycanes assurant une réticulation. Contrairement à la cellulose, les hémicelluloses contiennent plusieurs sucres à 5 atomes de carbone (pentoses) tels que le xylose et l'arabinose (principalement dans la configuration furanose), des sucres C6 tels que le glucose, le mannose, le galactose, l'acide galacturonique et l'acide glucuronique (Wertz 2011).

### 1.2.1 Xyloglucanes

Les xyloglucanes sont composés d'un squelette identique à celui de la cellulose formée de résidus glucose liés en  $\beta$ -(1→4). Par contre, jusqu'à 75 % des résidus glucose des xyloglucanes sont substitués en position O6 par des chaînes latérales mono-, di- ou tri-saccharidiques. Lorsque le résidu glucose est branché, le premier ose qui lui est lié est l' $\alpha$ -D-xylopyranose via une liaison  $\alpha$ -(1→6). Une nomenclature internationale a été proposée pour nommer les structures des chaînes latérales des xyloglucanes (Decou 2009).

### 1.2.2 Xylanes

Les xylanes sont un groupe complexe d'hémicelluloses qui présentent la caractéristique commune d'un squelette de résidus xylose reliés en  $\beta$ -(1→4). Ils peuvent être ramifiés par de courtes chaînes carbonées et leur variabilité structurale se manifeste par le degré et la nature des substitutions qui peuvent apparaître sur les C2 et C3 des unités xylose, tels que des résidus de L-arabinofuranose liés en  $\alpha$ -(1→3). Contrairement aux xyloglucanes, les xylanes n'ont pas une structure relativement régulière basée sur la répétition de sous-unités oligosaccharidiques. D'autres substituants sont l'acide glucuronique et son dérivé O-méthyle en position 4, liés en  $\alpha$ -(1→2) sur la chaîne principale. Enfin, certaines unités xyloses portent des groupements acétyl en positions 2 et 3 (JONES 2007) (figure 05).

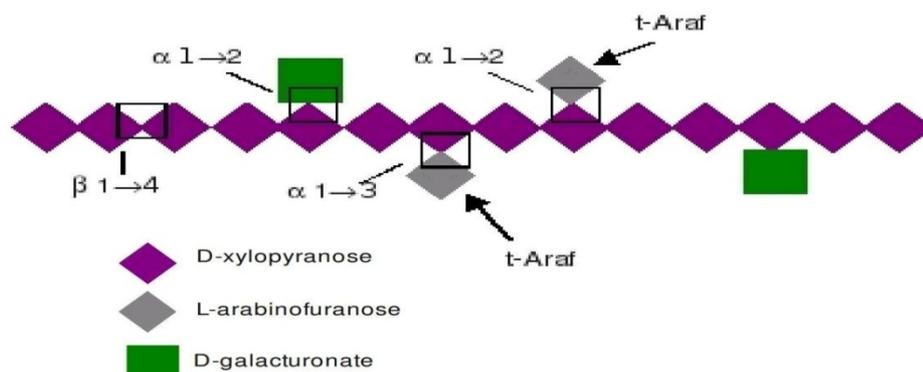


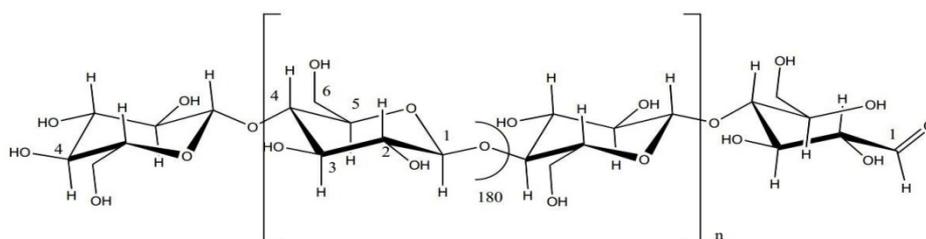
Figure 05 : Structure des xylanes (Chemin 2014).

### 1.2.3 Mannanes

Les mannanes ont un squelette de résidus D-mannose liés en  $\beta$ -(1→4), ils peuvent être substitués en  $\alpha$ -(1→6) par des résidus D-galactose; ils s'appellent alors galactomannanes et sont souvent acétylés (Doiseau 2014).

### 1.3 La cellulose

Les premières étapes de la caractérisation structurale de la cellulose datent de 1920. Des travaux ont ensuite montré que les carbones C2, C3 et C6 de la cellulose portent des groupements hydroxyles. Des études ont montré que la cellobiose constitue la composante basique de la cellulose, et ont permis de comprendre qu'il s'agit d'un homopolymère constitué d'unités d'anhydroglucopyranose reliées par des liaisons glycosidiques  $\beta$  (1-4) (JONES 2007). L'unité de répétition, la cellobiose, est constituée de deux motifs de glucose orientés à  $180^\circ$  l'un par rapport à l'autre autour de la liaison glycosidique C1-O-C4. Les deux extrémités des chaînes de cellulose ne sont pas équivalentes chimiquement. Une extrémité est constituée d'un D-glucopyranose dont le carbone anomère est engagé dans une liaison glycosidique et qui possède une fonction alcool secondaire libre sur le C4. L'autre extrémité est une unité D-glucopyranose dont le carbone anomère est libre : on a donc une fonction cyclique qui est en équilibre avec une forme aldéhydique minoritaire (Ben Hamou 2015).



**Figure 06** : Structure moléculaire de la cellulose (Granström 2009).

Les trois groupements hydroxyle présents dans la structure chimique de la cellulose permettent la formation de liaisons hydrogène intra- et intermoléculaires, donnant naissance à une structure très organisée (Meyer and Misch 1937) (figure 06) .

## 2. Propriétés et applications des polysaccharides

### 2.1 Les pectines

Les pectines jouent un rôle important dans l'adhésion et le maintien des cellules des tissus végétaux en formant un ciment rattachant les cellules les unes aux autres. Ces substances ont fait l'objet de nombreuses recherches qui ont conduit au développement de nombreuses applications dans des domaines aussi différents que l'industrie cosmétique, plastique et pharmaceutique. Mais, l'utilisation la plus importante se situe dans l'industrie agro-alimentaire où les pectines sont essentiellement utilisées comme agents de texture,

gélifiants, stabilisants et épaississants (Thakur, Singh et al. 1997). Les pectines ont également fait l'objet d'une attention particulière de la part des nutritionnistes. Elles sont en effet utilisées comme des fibres alimentaires et exercent des effets physiologiques sur le tractus intestinal en réduisant le temps du transit et l'absorption du glucose (Combo, Aguedo et al. 2011).

## 2.2 Les hémicelluloses

Certaines études sur l'utilisation de l'hémicellulose ont démontré qu'elles sont potentiellement très utiles. Une application pour l'hémicellulose est de les utiliser comme matière première de fermentation pour produire de l'éthanol, de l'acide lactique, de l'acétone, du butanol et du xylitol (Ebringerova and Heinze 2000). Les hémicelluloses extraites de la paille de blé ont la capacité de servir d'adhésifs, de stabilisants et aussi comme épaississants et émulsifiants dans les aliments. De nombreuses études ont démontré que les hémicelluloses sont de bons formateurs de films et pourraient également avoir des applications potentielles comme neutraceutiques (Félix and Zhang 1993) ou encore une activité antivirale (da Cunha Gonçalves, Bodin et al. 2011). Avec la pénurie imminente en énergies fossiles, le glucose et les sucres fermentables suscitent un grand intérêt des industriels de l'énergie pour la production de bioéthanol et de produits chimiques biosourcés (Claisse 2012).

## 2.3 La cellulose

De la structure cristalline de la cellulose en découlent des propriétés mécaniques de résistance. Cependant, contrairement aux autres molécules cristallines, l'arrangement des chaînes de cellulose en fibrilles lui apporte également une grande flexibilité (Claisse 2012).

La cellulose est un polysaccharide naturel d'intérêt puisqu'elle possède de nombreuses applications industrielles sous sa forme naturelle en tant que matériau, renfort ou encore en tant qu'additif alimentaire sous la classification E460. La cellulose est la matière première pour la fabrication de dérivés de cellulose qui représentent également un très large marché. Ils trouvent des applications dans des secteurs aussi variés que l'agroalimentaire, les matériaux ou le textile (Claisse 2012).

## CHAPITRE I : EXTRACTION DES POLYSACCHARIDES PECTIQUES

### 1. MATERIELS

#### 1.1. Cadre d'étude

Le séchage de la plante ainsi que l'extraction des polysaccharides pectiques ont été effectués au sein du laboratoire physico-chimie-1 à l'université UMMTO, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Département Biochimie-Microbiologie, Tizi-Ouzou, et au Laboratoire de Biochimie, Biophysique, Biomathématiques et Scientométrie à l'université ABDERRAHMANE MIRA, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des Sciences Alimentaires, Bejaia.

#### 1.2. Matériel végétal

La partie aérienne (feuilles) de la plante *Aloe vera Barbadensis Miller*, appartenant à la famille des Liliacées, a été utilisée. Cette partie a été récoltée le 15 Décembre 2016 au village de Béni douala situé à 10 km du chef lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou, une région ayant un climat méditerranéen caractérisé par un hiver froid et pluvieux, et un été chaud et sec avec des températures comprises entre 0°C et 40°C.

#### 1.3. Appareillages

- Centrifugeuse (LMC-4200)
- Agitateur magnétique (STUART US 152)
- Lyophilisateur (ALPHA 1-2-LD PLUS)
- Hôte
- Réfrigérateur
- Balance analytique (KERN ABT 320-4M)
- PH mètre

#### 1.4. Réactifs chimiques

- Hexane (GC grade)
- Eau distillée
- Ethanol 96%
- Acide acétique glacial

- Chloroforme (GC grade)
- *n*-Butanol
- Acétone (99%)
- NaOH(5N)
- HCL (5N)

## 2. PROTOCOL D'EXTRACTION DES POLYSACCHARIDES PECTIQUES

4 kg d'*Aloe vera* fraîche ont été coupés en petits morceaux (1cm<sup>3</sup>), séchés à l'étuve à une température de 60°C pendant 48 h , puis réduite en poudre à l'aide d'un broyeur, enfin une étape de tamisage est effectuée et une poudre fine d'une granulométrie inférieure à 250µm a été récupérée et conservée dans une bouteille hermétiquement fermée (**Figure 07**).

Les polysaccharides pectiques sont extraits à partir de 134 g de la poudre fine (**Figure 08**). Un lavage par hexane est nécessaire pour délipider la poudre fine. Cette dernière a été ensuite reconstituée dans de l'eau distillée PH =3 (HCL 5N), puis chauffée à 80°C sous agitation magnétique pendant 1h. La solution a été centrifugée à 4000g / 20 min, le surnageant récupéré a été neutralisé avec du NaOH (5N). Finalement, une précipitation éthanolique a été effectuée avec 1L d'éthanol (96%) pendant toute une nuit à 4°C. Le précipité formé avait subit un procédé de déproteination de Sevag (**Figure 09**) et une seconde précipitation (l'éthanol 96%) a été reconduite ainsi qu'un lavage par acétone et une centrifugation (4000g / 20 min). Le culot est congelé à -18°C puis lyophilisé.

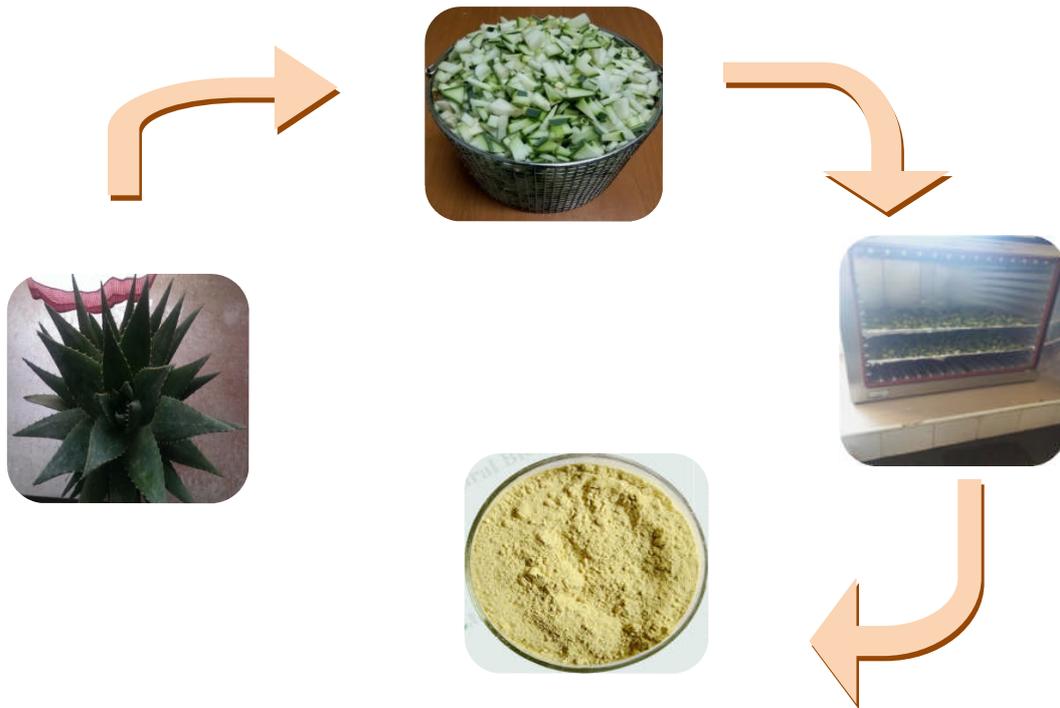


Figure 07 : Préparation de la poudre fine d'Aloe vera

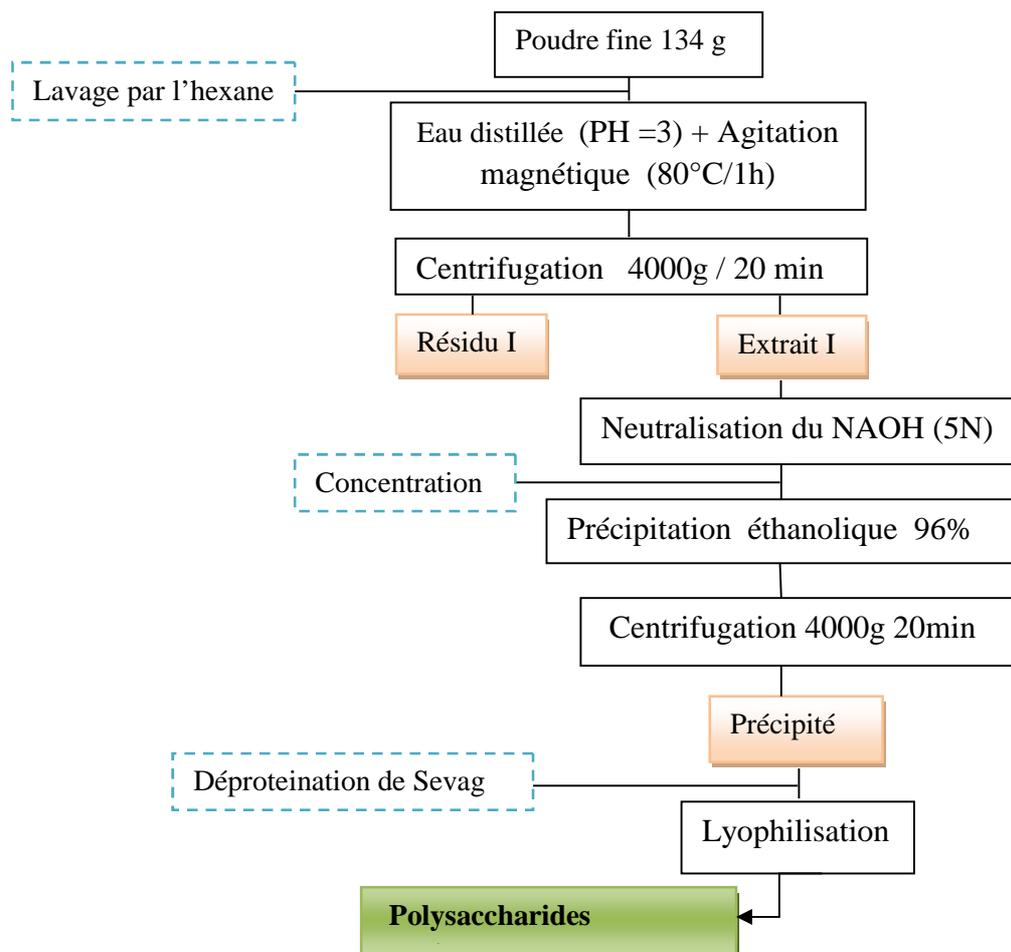
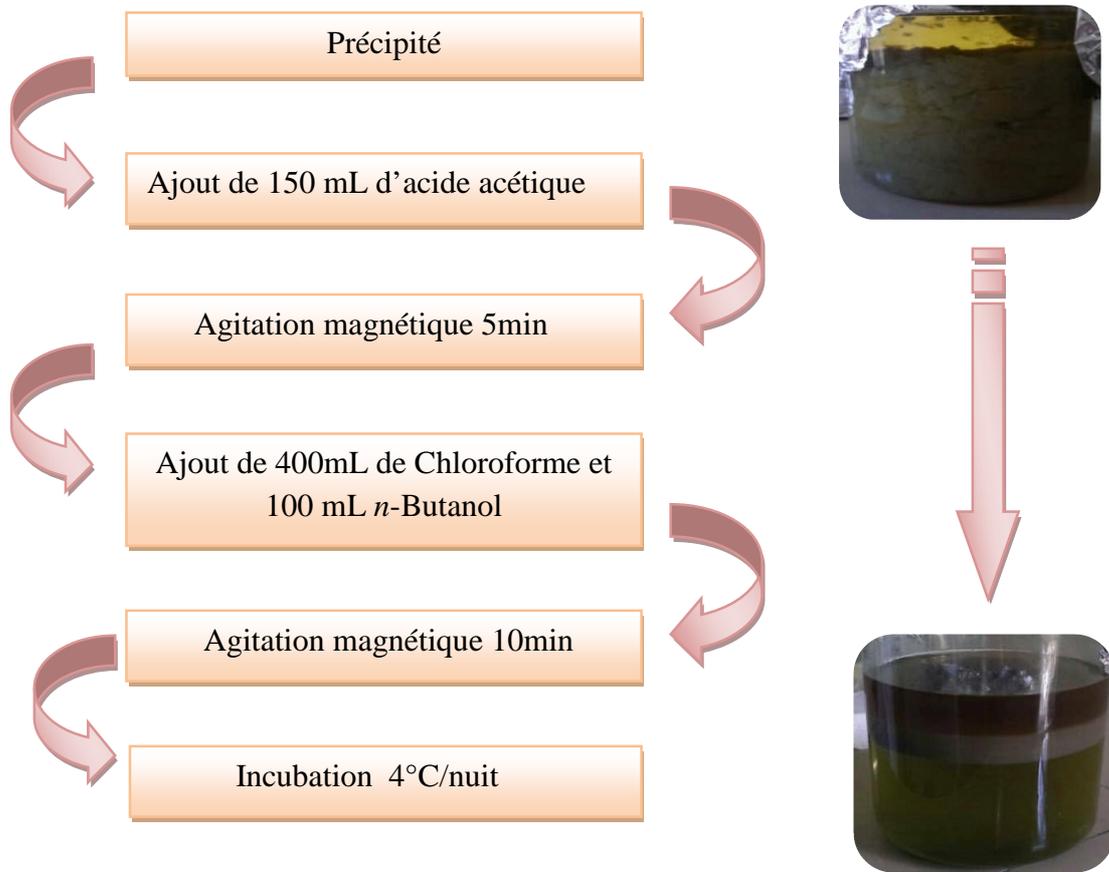


Figure 08 : Procédure d'extraction des polysaccharides (Femenia, Sánchez et al. 1999; Habibi, Heyraud et al. 2004; Wu, Xu et al. 2006).



**Figure 09** : Procédé de déproteination de Sevag (Xie, Zhang et al. 2011).

## CHAPITRE II : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES POLY-SACCHARIDES PECTIQUES

### 1. MATERIEL

#### 1.1. Matériel végétal

- Correspond à une poudre de polysaccharides pectiques (PP) lyophilisée et issue des feuilles d'*Aloe vera*.

#### 1.2. Equipements

- Spectrophotomètre infrarouge
- Chromatographie Haute Performance Échangeuse d'Anions

#### 1.3. Réactifs chimiques

- KBr
- NaOH
- TFA (4 M)

### 2. METHODES

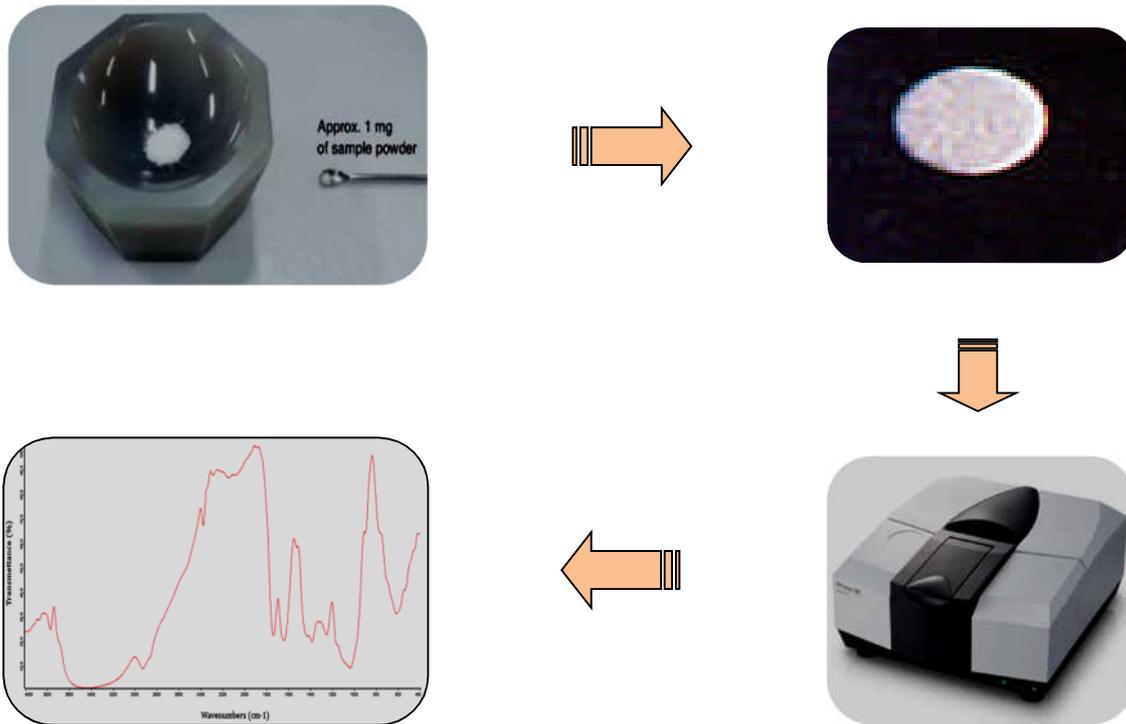
#### 2.1 Spectroscopie FTIR en phase solide

##### 2.1.1 Principe

L'analyse Infrarouge d'un échantillon d'origine biologique permet de révéler la présence de certains groupements fonctionnels caractéristiques (Boual 2009).

##### 2.1.2 Mode opératoire

La fraction pectique a été analysée à l'aide d'un spectrophotomètre infrarouge à transformée de Fourier. La fraction pectique lyophilisée a été broyée avec une poudre de bromure de potassium (KBr) spectroscopiquement pure. Le mélange a été pressé pour faire des pastilles (150 mg de KBr séché et 1 mg de pectine lyophilisée) et les spectres ont été enregistrés dans le mode de transmission à température ambiante (région infrarouge moyenne, 4 000 à 400  $\text{cm}^{-1}$ ) en utilisant un spectromètre Nicolet couplé à l'ordinateur personnel chargé avec le logiciel OMNIC. Au total, 40 scans ont été mesurés avec une résolution de 4  $\text{cm}^{-1}$ .



**Figure 10:** les grandes étapes de l'analyse FTIR.

## 2.2 Composition en oses constitutifs par Chromatographie Haute Performance Echange d'Anions (HPAEC)

### 2.2.1. Principe

L'analyse par HPAEC couplée à un détecteur par ampérométrie pulsée (HPAEC-PAD) est basée sur l'ionisation des monosaccharides en milieu fortement alcalin ce qui permet de les séparer sur une colonne échangeuse d'anions, puis de les détecter et de les quantifier par ampérométrie pulsée qui permet une détection de l'ordre d'une dizaine de picomoles. Les groupements hydroxyles des oses (-OH) peuvent s'ioniser en oxyanions ou alcoolates ( $-O^-$ ) à des pH supérieurs au pKa des monosaccharides. Sous cette forme ils peuvent être séparés selon leur affinité avec une phase stationnaire constituée d'ammoniums quaternaires qui jouent le rôle d'échangeurs d'anions. La détection par ampérométrie pulsée permet de détecter des composés contenant des groupements oxydables (Boual 2009).

### 2.2.2. Mode opératoire

L'hydrolyse préalable est réalisée en dissolvant 5 mg de polysaccharide dans 1 mL d'acide trifluoroacétique (TFA) 2 M. Ce mélange est vortexé 5 secondes puis incubé dans un bain marie à sec à 120 °C pendant 90 min. La solution est ensuite évaporée sous un courant d'azote. Les hydrolysats sont dissouts dans 1 mL d'eau distillée, puis filtré sur 0,22 µm avant injection (on injection 25 µL d'échantillon).

L'analyse des monosaccharides est réalisée en utilisant une pré-colonne CarboPac PA1 (Dionex 4 x 50 mm) couplée à une colonne CarboPac PA1 (Dionex 4 x 250 mm). La phase stationnaire est constituée de billes de polystyrène et divinylbenzène de 10 µm de diamètre sur lesquelles sont agglomérées des particules fonctionnalisées par des groupements  $\text{NR}_4^+$ . La technique fournit également une analyse quantitative spécifique des monosaccharides neutres et acides. L'élution des échantillons avait lieu en mode isocratique par une solution de NaOH décarbonatées à 16 mM pendant 20 min à un débit de 0,5 mL/min. Après chaque élution, une chasse de 30 minutes avec une solution de NaOH à 100 mM était réalisée pour éluer les éventuels contaminants encore en interaction avec la phase stationnaire. Avant chaque analyse la colonne était équilibrée pendant 10 min avec la solution de NaOH 16 mM. L'étalonnage est effectué avec des solutions étalon de L-rhamnose, L-arabinose, D-glucose, D-xylose, D-mannose, D-galactose, acide glucuronique et acide galacturonique pour identifier les temps d'élution respectifs de ces composés. Les injections (échantillons et standards) sont réalisées en triplicate et l'acquisition des données et leur traitement sont réalisés par le logiciel Chromeleon (version 6.8).

## **CHAPITRE III : DOSAGES COLORIMETRIQUES**

### **1. MATERIEL**

#### **1.1. Cadre d'étude**

Le dosage des glucides ainsi que le dosage des protéines ont été réalisés au sein du laboratoire de contrôle de qualité et de l'hygiène alimentaire **QUALITEK** (Draria, Alger).

#### **1.2. Matériel végétal**

Correspond à une poudre de PP lyophilisée issue des feuilles d'*Aloe vera*.

#### **1.3. Réactifs chimiques**

- Acide sulfurique concentré (95%)
- Phénol (5%)
- D-glucose
- Réactif de Bradford
- BSA
- PBS

#### **1.4. Appareillage**

- Spectrophotomètre UV visible (JENWAY 7315)
- Hotte chimique (CAPTAIR)
- Balance analytique (KERN ABT 320-4M)
- Agitateur vortex (FISHER BRAND 3000 rpm)
- Agitateur magnétique (STUART US 152)
- Distillateur (GFL 2004)
- Multimètre (WTW MULTI 9310)
- Bain marie (MEMMERT WNB 7-45)

### **2. METHODES**

#### **2.1. Dosage des glucides par la méthode d'acide phénol-acide sulfurique**

### 2.1.1 Principe

La quantité en glucides totaux a été déterminée comme des équivalents de glucose selon un dosage d'acide phénol-acide sulfurique modifié de [DuBois, Gilles et al. \(1956\)](#).

### 2.1.2 Mode opératoire

1. Préparer cinq dilutions d'un étalon de D-glucose. La gamme d'étalonnage a été préparée par des dilutions un demi en série à partir d'une solution mère de D-glucose de 20 mg / ml;
2. Pipeter 0.5 ml de chaque étalon et 0.5 ml de solution d'échantillon en triplicate dans des tubes à essai séparés ;
3. Ajouter 0.3 ml du phénol à 5% et 1,5 ml d'acide sulfurique concentré dans l'ensemble des tubes;
4. Tous les échantillons ont été soumis à un vortex, puis chauffés à 90°C pendant 5 min et refroidis à température ambiante ;
5. 2 ml de chaque étalon et solution d'échantillon sont transférés dans des cuves ;
6. L'absorbance a été mesurée à 490 nm.

## 2. Dosage des protéines par la méthode de Bradford

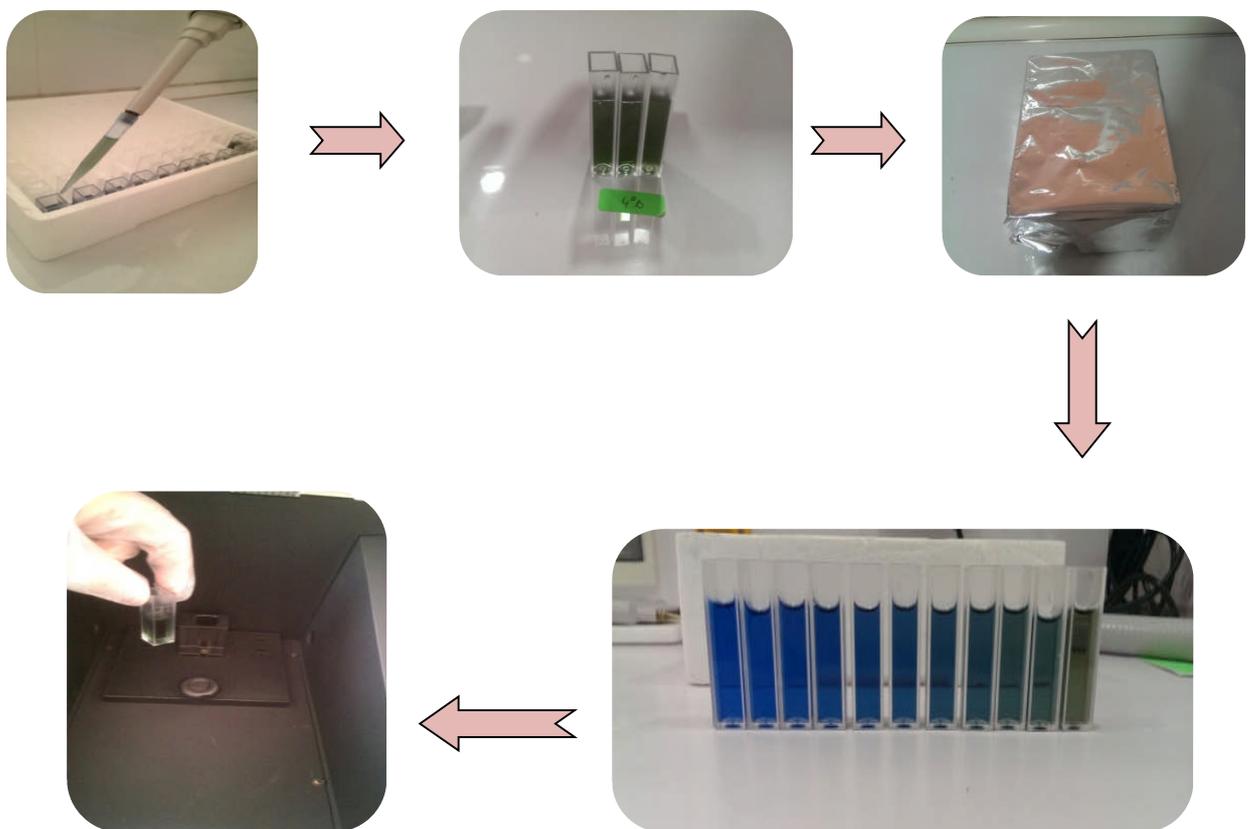
### 2.2.1 Principe

La teneur en protéines des extraits polysaccharidiques est mesurée par la méthode de [Bradford \(1976\)](#). Cette technique utilise le bleu de Coomassie qui a la propriété de s'adsorber sur les protéines. Cette adsorption s'accompagne d'une modification du spectre d'absorption de la molécule qui est décalé vers le bleu à 595nm. Le développement de la couleur bleu est associé à la présence de certains acides aminés basiques tels que l'arginine, la lysine et l'histidine dans la structure protéique.

### 2.2.2 Mode opératoire

1. Préparer le réactif colorant (annexe 02) puis filtrer à travers un filtre Wattman # 1 pour éliminer les grosses particules, il peut être utilisé pendant environ 2 semaines lorsqu'il est maintenu à température ambiante ;
2. Préparer cinq dilutions dans du PBS (annexe 02) d'un étalon de protéine (BSA), qui est représentatif de la solution de protéine à tester. La gamme linéaire de ce dosage est de 0 mg / ml à 1 mg / ml;

3. Pipeter 100  $\mu$ l de chaque étalon et 100  $\mu$ l d'échantillon, en triplicate, dans des tubes à essai séparés;
4. Ajouter 3 ml de réactif colorant dans l'ensemble des tubes. Mélangez soigneusement l'échantillon et le réactif ;
5. Incuber à température ambiante pendant 15 minutes ;
6. 2 ml de chaque tube sont transférés dans des cuves à spectrophotomètre ;
7. Mesurer l'absorbance à 595 nm.



**Figure 11** : les principales étapes du dosage de protéines par la méthode de [Bradford \(1976\)](#).

## CHAPITRE IV : BIO-ACTIVITES DES POLYSACCHARIDES PECTIQUES

### 1. MATERIELS

#### 1.1. Cadre d'étude

L'étude de l'activité anti-inflammatoire des polysaccharides pectiques (PP) et du gel issus des feuilles d'*Aloe vera* a été réalisée au niveau du service Pharmacotoxicologie du Laboratoire National du Contrôle des Produits Pharmaceutiques **LNCPP** (Dali Brahim, Alger). L'étude de l'activité antibactérienne ainsi que le pouvoir réducteur de l'extrait polysaccharidique a été réalisée au sein du laboratoire de contrôle de qualité et de l'hygiène alimentaire **QUALITEK** (Draria, Alger).

#### 1.2. Matériels végétaux

- Poudre de PP lyophilisée extraite à partir des feuilles d'*Aloe vera* ;
- Gel d'*Aloe vera* : le mucilage incolore de la partie intérieure des feuilles fraîches d'*Aloe vera*.

#### 1.3. Support microbien

Le support microbien est composé d'une souche *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 (**Gram+**) âgé de 24 heures, isolé de produits pathologiques provenant de laboratoire de bactériologie de SAIDAL.

#### 1.4 Matériel animal

- Espèce : Souris
- Race : NMRI
- Sexe : femelle
- Poids : 19-22 gr
- Enceinte d'élevage
  - ✓ Les souris sont élevées dans des cages en polyéthylène recouvertes de grilles en acier inoxydable ;
  - ✓ Celles-ci sont tapissées d'une litière composée de copeaux de bois ;
  - ✓ Les cages sont nettoyées et la litière est renouvelée quotidiennement.
- Conditions d'hébergement

- ✓ La température est contrôlée à 24°C ;
- ✓ L'air est renouvelé à l'aide d'un extracteur ;
- ✓ La photopériode est assurée 12 / 24 heures par un éclairage artificiel.
- Le régime alimentaire
  - ✓ Les animaux sont nourris par une alimentation sous forme de granulés et d'eau du robinet quotidiennement ;
  - ✓ La composition des granulés est la suivante: céréales, protéines d'origine animale, minéraux et vitamines.

### **1.5 Réactifs chimiques et milieux de cultures**

- Xylène 96%
- Ether de pétrole 95%
- L'huile de Paraffine
- Tween 20
- Diclofénac pommade (1%)
- Acide trichloracétique (0.61 M)
- FeCl<sub>3</sub> (0.1%)
- ferrocyanure de potassium (1%)
- PBS
- Amoxiciline 500mg
- Le milieu de culture Baird-Parker Agar à émulsion de jaune d'œuf (BP)
- Eau physiologique

### **1.6 Appareillages**

- Balance de précision (KERN)
- Balance pour animaux (KERN)
- Agitateur vortex (FISHER BRAND 3000 rpm)
- Bec bunsen
- Incubateur 37°C

## **2. METHODES**

### **2.1 Pouvoir réducteur**

### 2.1.1 Principe

L'utilisation du ferrocyanure de potassium permet de mesurer la capacité d'un composé antioxydant à donner des électrons. La réduction des ions ferriques ( $\text{Fe}^{+3}$ ) en ions ferreux ( $\text{Fe}^{-2}$ ) est évaluée par spectrophotométrie en mesurant l'absorbance de la solution de couleur bleu-verte résultante à 700 nm. L'augmentation de l'absorbance indique un pouvoir réducteur plus élevé (Apak, Güçlü et al. 2007).

### 2.1.2 Mode opératoire

La mesure du pouvoir réducteur est réalisée selon le protocole OYAIZU (1986). A noter que le dosage diffère sensiblement en fonction des échantillons traités.

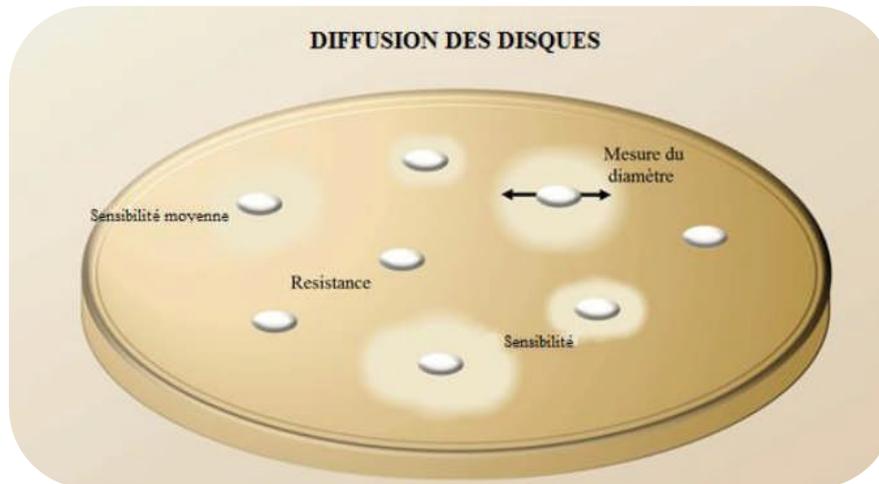
Les échantillons (pectine, vit C) ont été préparés à plusieurs concentrations (0 à 50mg /L) dans l'eau distillée. 100  $\mu\text{L}$  de chaque échantillon est mélangé avec 250  $\mu\text{L}$  de tampon phosphate (pH 6.6) et 250  $\mu\text{L}$  de ferrocyanure de potassium (1%, m/v dans l'eau distillée). Ce mélange est incubé à 50°C pendant 20 min. Le mélange réactionnel est refroidi dans un bain de glace pendant 5 min, puis 250  $\mu\text{L}$  d'acide trichloracétique (0.61 M) sont ajoutés. Le mélange est agité au vortex pendant 1 min, puis centrifugé à température ambiante pendant 8 min à 1000g. 250  $\mu\text{L}$  de surnageant sont mélangés avec 250  $\mu\text{L}$  d'eau distillée et 50  $\mu\text{L}$  de  $\text{FeCl}_3$  (0.1% m/v) puis agités au vortex. Après 5 min, l'absorbance est lue à 700 nm l'augmentation de l'absorbance indique une augmentation du pouvoir réducteur. La vitamine C est utilisée comme témoin positif.

## 2.2 Activité antibactérienne

### 2.2.1 Principe

La sensibilité de la souche *Staphylococcus Aureus* (annexe 03) à l'extrait de PP issu des feuilles d'*Aloe vera* a été réalisée par la technique de diffusion en milieu gélosé. Cette méthode est adaptée à l'étude de l'action de l'échantillon sur la croissance des bactéries. L'activité biologique se manifeste par l'apparition d'un halo d'inhibition de la croissance microbienne autour du disque contenant l'extrait à tester. La lecture se fait par la mesure du diamètre de la zone d'inhibition autour de chaque disque à l'aide d'un pied à coulisse ou une règle en (mm). Les résultats sont exprimés par le diamètre de la zone d'inhibition et peut être symbolisé comme suit (Dulger and Gonuz 2004) :

- **Non sensible (-)** ou résistante : diamètre < 8mm.
- **Sensible (+)** : diamètre compris entre 9 à 14 mm.
- **Très sensible (++)** : diamètre compris entre 15 à 19 mm.
- **Extrêmement sensible (+++)** : diamètre > 20 mm



**Figure 12:** Lecture de l'activité antibactérienne sur milieu solide par la méthode de diffusion sur disque (Dulger and Gonuz 2004).

### 2.2.2 Mode opératoire

#### 1. Préparation des microorganismes

La souche bactérienne a été repiquée par la méthode des stries sur BP à émulsion de jaune d'œuf, puis incubée à 37°C pendant 18-24h, afin d'obtenir des colonies isolées qui vont servir à la préparation de l'inoculum.

#### 2. Préparation de l'inoculum

Deux à trois colonies bien séparées de la souche bactérienne ont été prélevées à l'aide d'une anse de platine stérile et mise en suspension dans 10 ml d'eau physiologique, puis homogénéisées au vortex. L'inoculum a été standardisé par comparaison de la turbidité au standard MC Farland 0.5, la charge bactériennes a été estimée approximativement à  $10^8$  UFC/mL.

#### 3. Préparation d'échantillons

- Extraits de PP reconstitués à 40mg/mL dans de l'eau distillée stérilisée ;
- Le témoin négatif : eau distillée stérilisée ;

- Le témoin positif : Amoxiciline 40 $\mu$ g/mL.

#### 4. Ensemencement

L'ensemencement a été réalisé en profondeur où 1 mL d'inoculum du microorganisme a été mis dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre. le milieu de culture a été ensuite coulé jusqu'à obtention de 2 mm d'épaisseur.

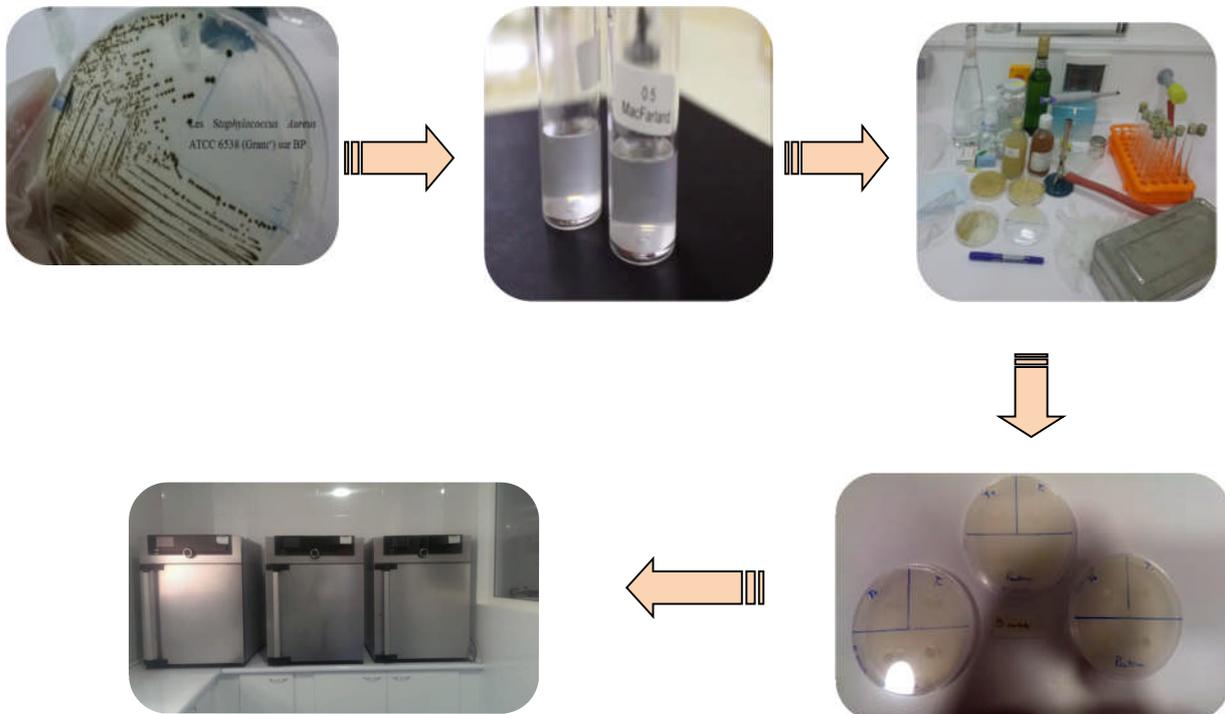
#### 5. Préparation et dépôt des disques

Du papier filtre Wattman N°3 a été découpé en disques de 6mm de diamètre et stérilisés à l'autoclave avant leur utilisation. Ces derniers ont été imbibés de 20 $\mu$ l d'extraits PP solubilisés dans de l'eau distillée stérilisés.

Les disques imprégnés ont été déposés à l'aide d'une pince fine stérilisée à la flamme du bec bunsen de sorte que chaque boîte préalablement ensemencée renferme deux disques de d'extraits PP et un disque imbibé d'eau distillée stérile (témoin négatif) ainsi qu'un disque d'antibiotique de référence (témoin positif).

#### 6. Incubation

L'ensemble des boîtes préalablement ensemencées sont portées à incubation dans l'étuve à T=37 °C pendant 24h.



**Figure 13** : Les principales étapes de la méthode de diffusion sur gélose selon [Dulger and Gonuz \(2004\)](#).

## 2.3 Activité anti-inflammatoire (in vivo)

### 2.3.1 Principe

L'étude de l'activité anti-inflammatoire des polysaccharides pectiques et du gel issus des feuilles d'*Aloe vera* portée sur le modèle d'œdème de l'oreille induit par le xylène chez la souris, a été réalisée selon le protocole expérimentale adapté par [Gloaguen and Krausz \(2008\)](#) ; [Rotelli, Guardia et al. \(2003\)](#) .

### 2.3.2 Mode opératoire

#### 1. Préparation du matériel végétal

- Extraction du gel pure à partir des feuilles d'*Aloe vera* ;
- Préparation de l'extrait PP préalablement reconstitué dans de l'huile de paraffine en présence du tween 20 comme agent solubilisant.

#### 2. Préparation des animaux

Les souris ont été pesées, marquées, puis réparties en 7 lots de 10 où chaque lot a été localisé dans une cage étiquetée :

- Lot 1 : traité référence (Diclofénac pommade 1%) ;
- Lot 2 : œdème témoin (xylène) ;
- Lot 3 : traité essai 1 (PP 1%) ;
- Lot 4 : traité essai 2 (PP 5 %) ;
- Lot 5 : traité essai 3 (PP 10%) ;
- Lot 6 : traité essai 4 (gel *Aloe vera*) ;
- Lot 7 : témoin véhicule (l'huile de paraffine).

#### 3. Au temps T0

- Le lot 1: chaque souris reçoit sur la face interne de son oreille droite 100 µL de Diclofénac pommade 1% appliqués localement ;
- Le lot 2: ne reçoit aucune application ;
- Les lots 3, 4 et 5: chaque souris reçoit sur la face interne de l'oreille droite 100 µL de l'extrait PP à des concentrations de 1%, 5% et 10% respectivement, appliqués localement;
- Le lot 6: chaque souris reçoit sur la face interne d'oreille droite 100 µL de gel d'*Aloe vera*, appliqués localement;

- Le lot 7: chaque souris reçoit sur la face interne d'oreille droite 100  $\mu$ L de l'huile de paraffine, appliqués localement.

**4. Au temps T0+01h**

- Tous les lots reçoivent au même temps 30  $\mu$ L de xylène (solvant irritant) appliqués localement sur la face interne de l'oreille droite.

**5. Au temps T0+04h**

- 4h après l'application du xylène, les souris ont été sacrifiées par asphyxie en présence de l'éther de pétrole, puis à l'aide d'un emporte pièce, des disques de 8 mm de diamètre ont été découpés au niveau de la partie supérieure de la face interne de l'oreille droite (OT) et l'oreille gauche (ONT) ;
- Les disques sont pesés immédiatement à l'aide d'une balance analytique, puis une comparaison est faite entre le poids des oreilles ayant reçu le produit par rapport a celles qui n'ont rien reçu (droite par apport a la gauche).



**Figure 14 :** Les principales étapes de l'étude de l'activité anti-inflammatoire sur le modèle d'œdème de l'oreille induit par le xylène chez la souris (Rotelli, Guardia et al. 2003; Gloaguen and Krausz 2008).

### 1. Rendement d'extraction de la fraction polysaccharide pectique

Le rendement de l'extraction des PP est calculé par l'équation suivante :

$$\% R = m_f / m_i \times 100$$

Où :

**%R** : Le rendement d'extraction (%).

**$m_i$**  : La masse de la poudre fine des feuilles de l'*Aloe vera* (g).

**$m_f$**  : La masse de la fraction polysaccharide pectique lyophilisée obtenue après extraction (g).

**Tableau III:** Rendement d'extraction de la fraction polysaccharide pectique.

Echantillon	$m_i$ (g)	$m_f$ (g)	Rendement de l'extraction (%)
PP	134	2,7	2,02

Le rendement massique en polysaccharides pectiques des feuilles d'*Aloe vera* est estimé à 2,02%. Ce dernier est légèrement supérieur à celui des feuilles d'*Opuntia ficus indica* (Liliaceae) soit 1,33 % rapporté par [Sepúlveda, Sáenz et al. \(2007\)](#), mais supérieur à celui des feuilles d'*Asphodelus tenuifolius* (Liliaceae) soit 0,65% rapporté par [Boual \(2009\)](#).

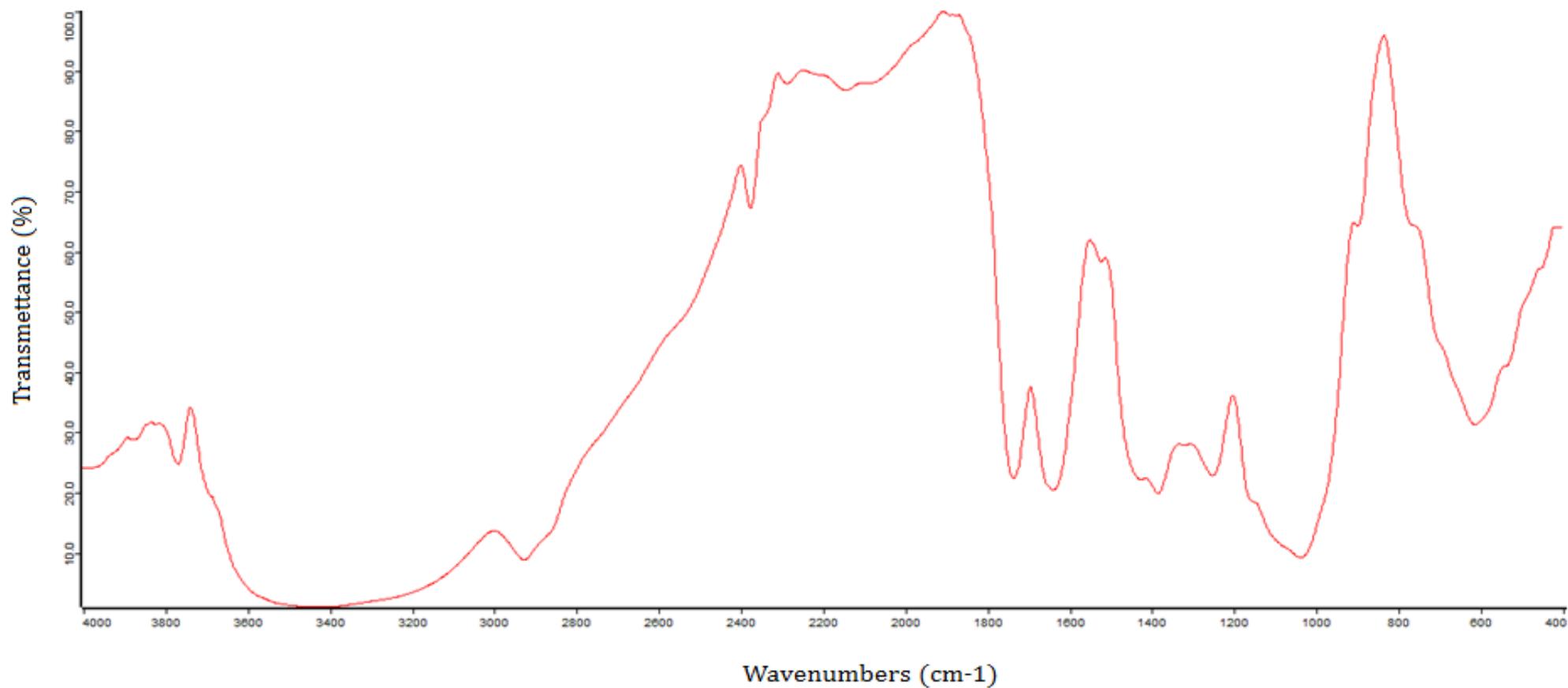
Il est rapporté aussi que le rendement massique en polysaccharides hydrosolubles des feuilles végétales dépend de l'état éco-physiologique de la plante comme le stade de maturation, les différences dans la composition des feuilles (qui dépend des conditions agronomiques, géographiques et environnementales), ainsi que des procédures d'extractions et le type et la quantité de solvant ... etc. ([Ebringerová, Kardošová et al. 2003](#)). Ainsi la différence dans le rendement massique obtenue dans notre étude et les résultats rapportés précédemment [Sepúlveda, Sáenz et al. \(2007\)](#) et [Boual \(2009\)](#) pourraient s'expliquer par ces différences de paramètres liés à l'état de la plante et/ou aux procédés d'extraction.

## 2. Caractérisation physico-chimique des polysaccharides pectiques

### 2.1 Analyse spectroscopie FTIR en phase solide

Le spectre FTIR de la fraction PP est représenté sur la **Figure 16**. Les résultats ont été analysés dans trois domaines caractéristiques : gamme d'élongation du O-H (3200–3600  $\text{cm}^{-1}$ ), gamme d'élongation du C-H (méthyle) (2800–3000  $\text{cm}^{-1}$ ) et le domaine de l'empreinte digitale spectrale (700–1800)  $\text{cm}^{-1}$ . Une large bande de transmission à 3434  $\text{cm}^{-1}$  est attribuée à la fréquence d'élongation de groupe O-H, et une bande dans le domaine 2850-2919  $\text{cm}^{-1}$  est attribuée à la vibration d'élongation C-H (Sawut, Yimit et al. 2014). La région d'empreinte digitale des spectres FTIR pour notre pectine montre des parties pratiquement identiques avec trois bandes caractéristiques des polysaccharides à 1034, 1085 et 1154  $\text{cm}^{-1}$ , assignées au vibrations d'élongation de C-OH, C-C et C-O, respectivement (Coimbra, Barros et al. 1999; Cárdenas, Goycoolea et al. 2008). Les pectines appartiennent à la classe des carboxypolysaccharides, qui diffèrent des polysaccharides neutres, avec une bande intense dans la région 1750–35  $\text{cm}^{-1}$  relative à la vibration de groupe carboxyle estérifié dans les régions de 1400–1450  $\text{cm}^{-1}$  et celle dans la gamme de 1600–1650  $\text{cm}^{-1}$  caractéristique du groupement carboxyle libre non estérifié (Nejatzadeh-Barandozi and Enferadi 2012).

Les vibrations dans environ 400-900  $\text{cm}^{-1}$  sont essentiellement dues à des molécules de monosaccharides et oligosaccharides, à l'exception du pic de 680  $\text{cm}^{-1}$  qui est attribué à la vibration d'étirement de C-Br formée lors la préparation des pastilles avec le KBr.



**Figure 16 : Spectre FTIR en phase solide de la poudre fine des polysaccharides pectiques.**

## 2.2 Composition en oses constitutifs par Chromatographie Haute Pression Echange d'Anions (HPAEC)

La composition chimique des constituants végétaux dépend de la répartition géographique, la qualité du sol, la disponibilité de l'eau, les rayonnements solaires et de la température. La disponibilité de l'eau est importante, car le rôle physiologique du gel des feuilles d'*Aloe vera* est de conserver l'eau (Delatorre-Herrera, Delfino et al. 2010). La pulpe d'*Aloe vera* se compose principalement d'eau (> 98% du poids frais) et de polysaccharides (pectines, cellulose, hémicellulose et galactoglucomannane acétylé appelé acémannan) qui représentent plus de 60% de la matière sèche (Femenia, Sánchez et al. 1999; Delatorre-Herrera, Delfino et al. 2010). Pour compléter les données et confirmer la composition en oses constitutifs d'extrait de polysaccharides pectiques hydrosolubles des feuilles d'*Aloe vera*, on a fait appel à la chromatographie haute performance échangeuse d'anions (HPLC). Les résultats de cette analyse sont illustrés dans le **tableau IV**.

**Tableau IV :** Caractérisation des monosaccharides constitutifs de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles issus d'*Aloe vera*.

Monosaccharide (mol %)	
Galactose	75.27
Acide glucuronique	10.82
Rhamnose	6.52
Arabinose	4.95
Acide galacturonique	2.16
Mannose	0.28

Il apparaît que l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles de l'*Aloe vera*, est constitué principalement de 75.27% galactose, 10.82% de rhamnose, 4.95% d'arabinose, 0.28% de mannose, 10.82% d'acide glucuronique et 2.16% d'acide galacturonique.

L'acémannan est le principal composant polysaccharidique de plusieurs cultivars d'*Aloe vera*, et est formé par une longue chaîne de mannose acétylée interceptée avec du glucose, dans laquelle le mannose acétylé contient des branches de galactose (Lee and Prosky 1994; Femenia, Sánchez et al. 1999), l'absence du glucose dans l'extrait étudié et de mannose acétylé indique qu'il est dépourvu d'acémannan. D'après Jin, Zhao et al. (2014), la présence de l'acide glucuronique et galacturonique, l'arabinose et le rhamnose est associée aux

pectines, et selon Hamman (2008) la pectine est un polysaccharide constitué d'acide polygalacturonique  $\alpha$  (1  $\rightarrow$  4) avec insertion de rhamnose intra-chaîne, accompagné des chaînes latérales de sucres neutres et estérification méthylique, ceci permet de supposer que ces sucres neutres sont selon nos résultats le galactose et le mannose. Selon l'étude effectuée par Femenia, Sánchez et al. (1999) portée sur des extraits de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Aloe vera Barbadensis Miller*, souligne la présence de mannose et de glucose de même la présence de rhamnose, d'arabinose et une large gamme des acides uroniques, laisse supposer l'existence des pectines.

Les résultats de la chromatographie haute pression échange d'anions ainsi que ceux donnés par l'analyse FTIR confirment que l'extrait de polysaccharides hydrosolubles issus des feuilles d'*Aloe vera* correspond bel et bien à un polymère pectique mais de faible poids moléculaire.

### 3. Dosage des protéines et glucides totaux

Après la série de dosages colorimétriques, les concentrations de glucides totaux et des protéines ont été évaluées. Les résultats de ces dosages sont illustrés dans les Figures 17, 18 et

19.

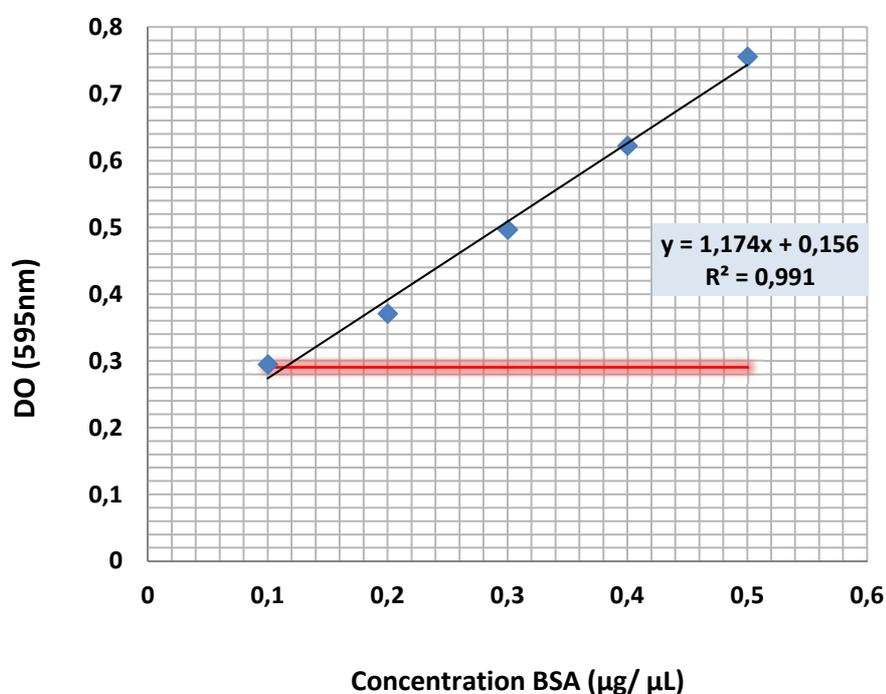


Figure 17 : Courbe d'étalonnage de la BSA.

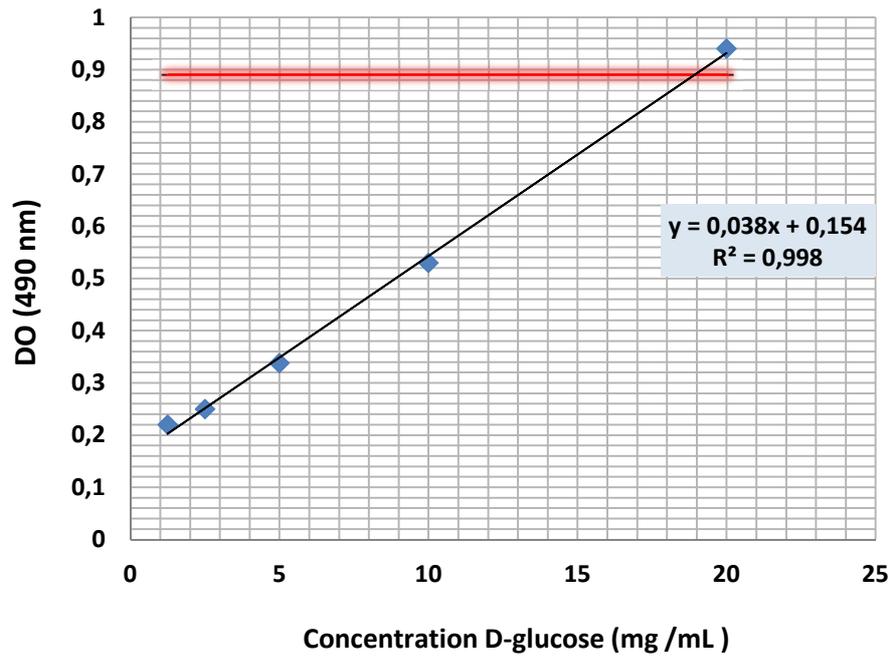


Figure 18 : Courbe d'étalonnage du D-glucose.

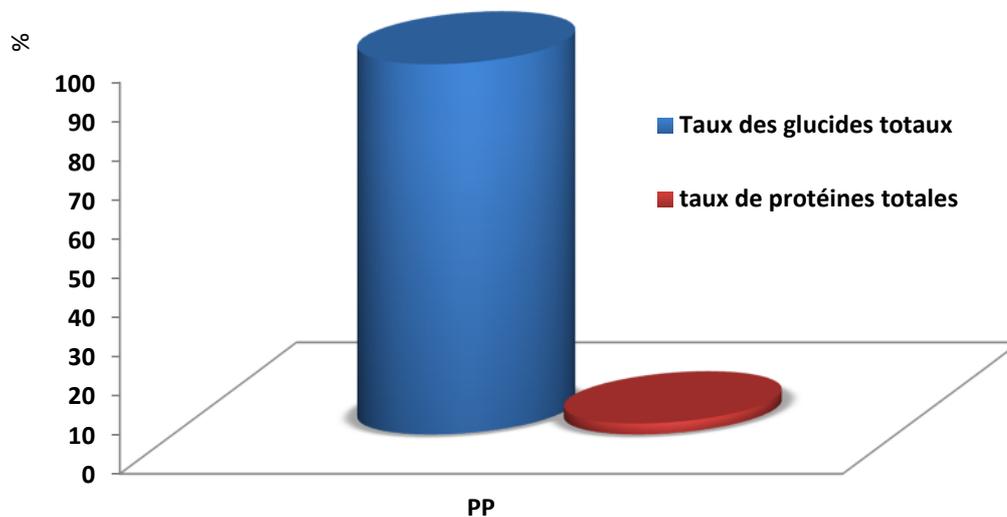


Figure 19 : Taux de protéines et glucides totaux des PP étudiés.

L'analyse biochimique de la fraction PP des feuilles d'*Aloe vera* a montré que les glucides sont les principaux constituants même si une quantité négligeable des protéines a été détectée.

La teneur en glucides totaux a été estimée à 96,84% du poids total de l'extrait PP sec, cette teneur est supérieure à celle retrouvée par [Femenia, Sánchez et al. \(1999\)](#) soit 82% menée sur la fraction PP des feuilles d'*Aloe vera*, mais proche à celle décrite par [Lefsih, Delattre et al. \(2016\)](#) porté sur les feuilles d'*Opuntia ficus indica* (cactacée) où le taux a été estimé à 95,6% et à celle décrite par [Wu, Gao et al. \(2005\)](#) où ils ont constaté une teneur de 96% des glucides totaux au niveau de la fraction polysaccharides hydrosolubles des racines de *C. deserticola*. L'analyse la fraction de polysaccharide pectique des racines de *C. deserticola*, [Ebringerova, Hromádková et al. \(1997\)](#) signale un taux de 79.2% en glucides totaux.

Le taux de protéines mesuré a été de 2,85% du poids total de l'extrait sec des PP, ce qui peut être considéré comme faible en le comparant à celui décrit par [Femenia, Sánchez et al. \(1999\)](#) porté sur la fractions PP des feuilles d'*Aloe vera* et à ceux des autres tissus végétaux menés sur la même fraction [Waldron and Selvendran \(1990\)](#) ; [Femenia, Sánchez et al. \(1998\)](#) où la teneur en protéines a été estimée à 15,40% , 35% respectivement. [Sepúlveda, Sáenz et al. \(2007\)](#) notent 14,2% de protéines dans l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des cladodes d'*Opuntia ficus indica*. Une quantité de 27,14% des protéines a été évaluée sur l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des cladodes *Asphodelus tenuifolius* (Liliaceae) ([Boual 2009](#)).

#### 4. Bio-activité des polysaccharides pectiques

Le gel interne de la feuille *Aloe vera* est largement utilisé dans diverses applications médicales, cosmétiques et pharmaceutiques. De nombreux effets bénéfiques de cette plante ont été attribués aux polysaccharides présents dans la pulpe ([Femenia, Sánchez et al. 1999](#)).

##### 4.1 Évaluation du pouvoir réducteur

Dans le dosage du pouvoir réducteur, la présence de réducteurs dans l'échantillon entraînerait une réduction de  $Fe^{3+}$  en  $Fe^{2+}$  en faisant un don d'électron. La quantité de complexe  $Fe^{2+}$  peut ensuite être surveillée en mesurant la formation du bleu de Perl à 700 nm ([Brudieux, 2007](#)). Dans la figure 20, la vitamine C et l'échantillon PP ont une capacité réductrice qui augmente proportionnellement avec la concentration. Cependant, l'échantillon PP a montré moins de puissance de réduction vis-à-vis de la vitamine C. en effet, les résultats ont indiqué qu'à une concentration minimale de 1mg/ml, l'absorbance du PP est de 0.125,

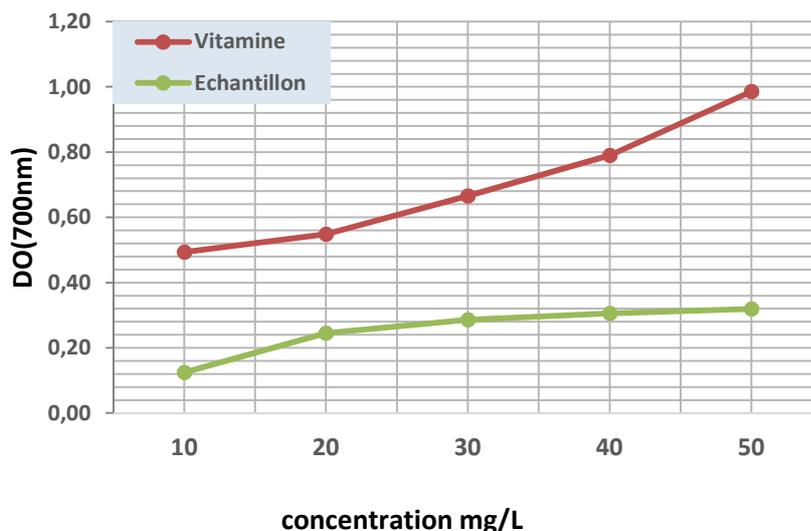
tandis que celle de la vitamine C est de 0.494 et à une concentration maximale de 5 mg/ml; l'absorbance de l'extrait est de 0.319 et celle du témoin positif atteint 0.986 (**figure 20**).

Certains auteurs ont observé une corrélation directe entre l'activité antioxydante et le pouvoir réducteur des polysaccharides (El-Shourbagy & El-Zahar, 2014). En effet cette activité antioxydante s'explique par la présence de nombreux groupes hydroxyles libres dans la structure des polysaccharides. En outre, (Wu, Hu et al. 2014) ont rapporté que la présence d'arabinose dans la structure des polysaccharides pourrait réduire la production de radicaux hydroxyles par chélation du  $Fe^{2+}$  (pro-oxydant).

L'étude *in vitro* d'un polysaccharide constitué de L-rhamnopyranose, D-arabinofuranose, Dglucopyranose et D-galactopyranose, extrait à partir de *Lilium lancifolium* Thunb (Liliaceae) a montré la puissance réductrice et l'activité chélateur fort sur l'ion ferreux (Gao, Ma, Song, Bi, & Tao, 2011).

Des fractions polysaccharidiques hydrosolubles de structures complexes, sont extraites à partir des feuilles de *Morus alba* (Moraceae). Ces polysaccharides de nature pectique pourraient être explorés comme de potentiels antioxydant naturel (Yuan et al., 2015).

Des études antérieures rapportent que les activités antioxydantes peuvent être étroitement liées aux caractéristiques structurales des polysaccharides. Cependant, ce n'est pas tous les polysaccharides qui possèdent des activités anti-oxydantes. Il a été rapporté que les capacités antioxydantes des polysaccharides dépendent généralement de l'unité d'oses, des liaisons glycosidiques, du degré de ramification et de la conformation du polysaccharide (Li et al., 2013).



**Figure 20** : Pouvoir réducteur de la vitamine C et des PP issus des feuilles d'*Aloe vera*.

### 2.3 Évaluation de l'activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne de l'extrait PP préparé à une concentration de 40 mg/ml, a été évaluée vis-à-vis d'une bactérie Gram<sup>+</sup> (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538) par l'utilisation de la méthode de diffusion sur disques sur milieu solide, qui permet de déduire le degré de sensibilité de la souche bactérienne vis-à-vis notre échantillon.

La souche *Staphylococcus aureus* a montré une sensibilité vis-à-vis de l'extrait PP issu des feuilles d'*Aloe vera* accompagné d'un halo d'inhibition maximal de la croissance bactérienne des trois essais (**figure 21**), les diamètres moyens des zones d'inhibition été de 19 mm, ce qui permet de dire que la souche *Staphylococcus aureus* est très sensible vis-à-vis les PP issu d'*Aloe vera*, et qu'elle a montré la même sensibilité que celle de l'antibiotique de référence (Amoxiciline), les résultats de cette analyse sont représentés dans le **tableau V**.



**Figure 21** : Activité antimicrobienne des PP issus des feuilles d'*Aloe vera*

**Tableau V**: les résultats de l'analyse de l'activité antimicrobienne des PP issus des feuilles d'*Aloe vera*.

Souche microbienne	PP (40mg/ml)	Témoin positif (Amoxiciline 40µg/mL)	Témoin négative (Eau distillée stérile)
<i>S. aureus</i>	++	++	–

Selon [Qian \(2014\)](#), des polysaccharides hydrosolubles issus de la citrouille *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae), ont démontré une activité antibactérienne élevée contre *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli* à concentration de 100 mg/ml. Il est rapporté également que les polysaccharides non amylacés de banane plantain *Musa spp.* (Musaceae) empêche l'invasion de la muqueuse intestinale de poulet par *Salmonella*. La supplémentation alimentaire *in vivo* avec les polysaccharides du plantain à 50 mg/j réduits l'invasion par *Salmonella typhimurium* à 98.9%, comme en témoigne la numération des bactéries viables à partir de tissu de la rate. L'activité inhibitrice des polysaccharides de la banane plantain est principalement dans le composant riche en l'homogalacturonane à caractère acide et à nature pectique ([Parsons, Wigley et al. 2014](#)). Selon l'étude menée par [Qian \(2014\)](#), les polysaccharides acides issus d'*Astragalus gombo* ont démontré une activité antimicrobienne vis-à-vis la souche *Staphylococcus aureus* (le diamètre de la zone d'inhibition est de 9.6mm).

#### 4.2 Évaluation *in Vivo* de l'activité anti-inflammatoire des PP

l'analyse de l'activité anti-inflammatoire portée sur le model d'œdème de l'oreille induit par le xylène, chez la souris, a été évaluée par comparaison de la moyenne des différents poids des oreilles droites (OT) par apport aux oreilles gauches (ONT) des souris des lots tests par apport aux moyennes des lots témoins (test de Student).

Le poids d'œdème de l'oreille a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Le poids d'œdème} = [\sum (\text{POT} - \text{PONT}) / \text{N}] * 100.$$

Où N: nombre de souris constituant un lot.

Le pourcentage de réduction d'œdème chez les souris traitées a été défini par rapport au groupe témoin selon la formule suivante ci-dessous

$$\text{Le \% de réduction d'œdème} = [(\text{le poids moyens d'œdème témoin} - \text{le poids moyens d'œdème essai}) / \text{poids moyens d'œdème témoin}] * 100$$

Les résultats de l'effet anti-œdémateux de l'extrait PP et gel d'*Aloe vera* sont rapporté dans les tableaux ci-dessous.



**Figure 22** : Les disques prélevés à partir des oreilles traitées et non traitées d'une souris.

**Tableau V**: Identification du lot d'œdème témoin.

Lot témoin (xylène)		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
15.8	23	7.2
20.1	25.6	5.5
20.0	28.1	8.1
20.9	20.2	0.7
19.4	22	2.6
17.8	24.4	6.6
12.3	21.4	9.1
12	17.7	5.7

17.8	24.9	7.1
15.5	19.7	4.2

**Le poids d'œdème témoin = 5,68 mg**

**Tableau VI:** Identification du lot traité par le Diclofénac pommade 1%.

Diclofénac pommade 1%		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
14.7	15.4	0.7
13.0	13.2	0.2
14.1	14.3	0.2
12.3	15.1	2.8
12.1	21.3	8.8
14.2	14.3	0.1
14.2	14.5	0.3
12	17.7	5.7
11.6	13.6	2
12.1	16.1	4

**Le poids d'œdème =2,48 mg**    **Le % réduction d'œdème =56,33%**

**Tableau VII:** Identification du lot traité par les PP 1%.

PP 1%		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
16	20	4
15.9	18.6	2.7
14.9	26.9	12
10.9	15.1	4.2
14.9	16.1	1.2
13.1	14.4	1.3
15.8	21.4	5.6
13.8	21.3	7.5
17.5	26.4	8.9
19.4	24.3	4.9

**Le poids d'œdème = 5,23mg**    **Le % réduction d'œdème = 7,92%**

**Tableau VIII** : Identification du lot traité par les PP 5%.

PP 5%		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
18.32	21.27	2.95
18.83	18.27	-0.56
20.17	19.22	-0.95
10.23	16.31	6.08
14.07	19.91	5.84
13.36	18.41	5.05
12.73	15.56	2.79
17.26	16.81	-0.45
15.54	20.82	5.28
19.07	25.06	5.99

**Le poids d'œdème = 3,22 mg**    **Le % réduction d'œdème =43, 30%**

**Tableau IX** : Identification du lot traité par les PP 10 %.

PP 10%		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
15.8	21.4	5.6
18.3	18.7	0.4
28.1	20.1	1
16.7	13.9	-2.8
23.4	27.5	4.1
14.7	18.8	4.1
15	17.9	2.9
15	22.5	2.2
20.30	18.10	-2.2
17.9	17	0.9

**Le poids d'œdème = 1 ,62 mg**    **Le % réduction d'œdème =71 ,49%**

**Tableau X** : Identification du lot traité par le gel d'*Aloe vera*.

Gel <i>Aloe vera</i>		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
14.9	16	1.1
17.7	18	0.3
18.8	20.65	1.85
17.6	19	1.4
12.4	15.15	2.6
18.9	19.50	0.6

19.7	21.70	2
18.8	21.15	2.35
19.7	21.5	1.8
22.00	23.20	1.2

**Le poids d'œdème = 1,52 mg**

**Le % réduction d'œdème =73,23%**

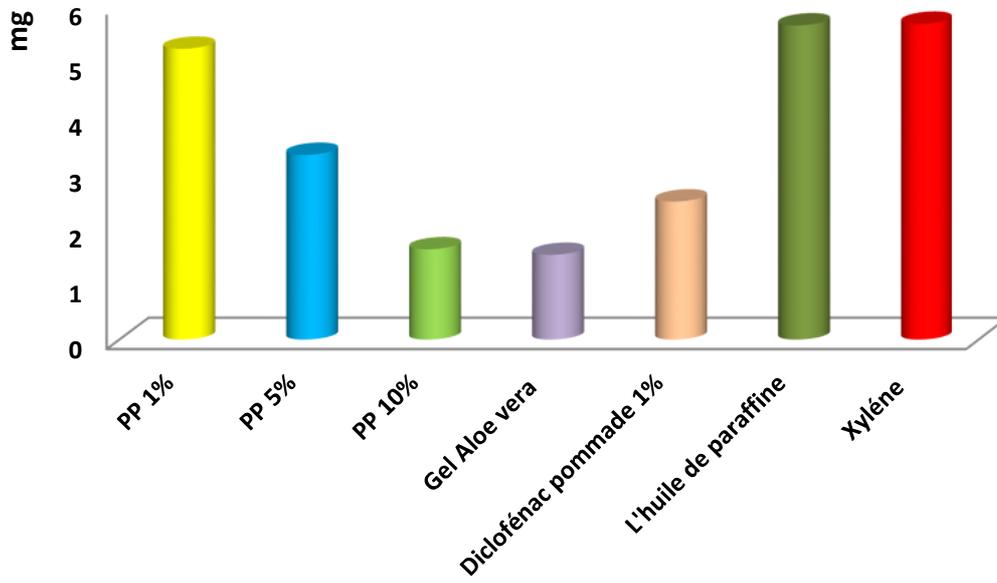
**Tableau XI** : Identification du lot témoin véhicule (l'huile de paraffine).

l'huile de paraffine		
Poids ONT (mg)	Poids OT (mg)	Différence (mg)
11.3	17	5.7
13.6	23.5	9.9
12.5	18.1	5.6
13.6	16.78	3 ,18
9.34	14.73	5.39
14.20	22.41	8.21
13.47	18. 37	4.9
14.01	17.06	3.05
11.02	17.53	6.51
13.33	17.39	4.06

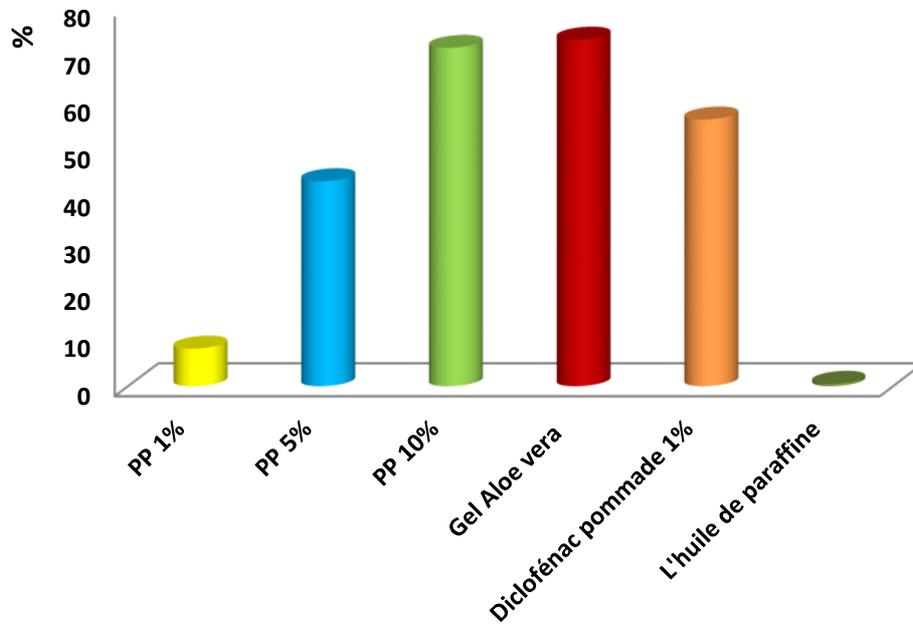
**Le poids d'œdème = 5,65mg**

**Le % réduction d'œdème =0,52%**

Le poids d'œdème ainsi que le pourcentage de son inhibition sont illustrés dans les figures suivantes.



**Figure 23 :** Le poids d'œdème des différents lots tests et lots témoins.



**Figure 24 :** Le pourcentage de réduction d'œdème de l'oreille chez les souris des différents lots tests.

Le pourcentage de réduction d'œdème de l'oreille obtenu lors de l'analyse de l'activité anti-inflammatoire des PP issus des feuilles d'*Aloe vera* à des doses 1%, 5% et 10% sont respectivement 7.92% ; 43.30% et 71.49% . Tandis que le pourcentage de réduction obtenu avec l'utilisation du gel d'*Aloe vera* a été de 73.23%, à noter également que ce pourcentage après traitement par la paraffine été relativement nul, soit 0.52% de réduction. On a constaté que le pourcentage d'inhibition d'œdème obtenu avec une concentration de 10% en PP est supérieur à celui obtenu avec une concentration de 5%, ce dernier est également supérieur au pourcentage de réduction obtenu avec une concentration de 1% en PP, ce qui signifie que les PP et le gel des feuilles d'*Aloe vera* sont doués d'activité anti-inflammatoire, cette dernière est dose dépendante.

Une très légère diminution du poids d'œdème a été constatée entre le poids moyen de l'œdème témoin et le poids moyen de l'œdème traité (5.68 mg à 5.23 soit 7.92% de réduction) avec l'extrait PP à 1%, mais aucune différence significative n'a été décelée ( $P>0.05$ ).

Concernant le lot traité avec l'extrait PP à 5%, une légère diminution du poids moyen d'œdème a été détectée par rapport au poids moyen d'œdème témoin, se dernier est passé de 5.68 mg à 3.22 mg soit 43.30% de réduction. Cette dernière reste statistiquement non significative ( $P>0.05$ ).

Tandis que les lots ayant subi un traitement par l'extrait PP à 10 % et avec le gel d'*Aloe vera*, une très importante diminution ( $P<0.05$ ) du poids d'œdème a été enregistrée. Le poids moyen d'œdème est passé de 5.68 mg à 1.62 mg soit 71.49% de réduction pour l'extrait PP à 10% et de 5.68mg à 1.52 mg, soit 73.23% de réduction pour le gel d'*Aloe vera* contre un pourcentage de réduction de 56.33% pour le traitement de référence (Diclofénac 1%). Ainsi le pouvoir de réduction d'œdème de l'extrait PP à 10% et gel d'*Aloe vera* semble être meilleur par rapport à celui du Diclofénac 1% cette différence a été également significative par le test de Student ( $P<0.05$ ). Selon le même test aucune différence significative ( $P>0.05$ ) n'est aperçue entre le traitement avec l'extrait PP à 10 % et celui du gel d'*Aloe vera*, ces derniers semblent avoir le même effet. Tous ces résultats démontrent que les PP issus des feuilles d'*Aloe vera* sont dotés d'une activité anti-inflammatoire remarquable et on peut supposer que l'activité anti-inflammatoire des extraits d'*Aloe vera* résulte majoritairement de leur composition en polysaccharides biologiquement actifs (Femenia, Sánchez et al. 1999; Delatorre-Herrera, Delfino et al. 2010).

Les résultats obtenus sont bien conformes à ceux obtenus dans différentes études menées sur la même fraction, tout comme les travaux réalisés par [Ebringerová, Kardošová et al. \(2003\)](#) ; [Lin, Hsieh et al. \(2002\)](#) qui ont démontré la présence de polysaccharides bioactifs dans *C. deserticola* responsables de l'activité anti-inflammatoire et immunomodulatrice dues à deux fractions pectiques dont un homogalacturonane et un rhamnogalacturonane.

Les activités anti-inflammatoires du polysaccharide pectique obtenu à partir d'*Adansonia digitata* (Malvaceae) à des concentrations différentes, sont évaluées par le test d'inhibition des cyclooxygénases de type-1 (COX-1) et type-2 (COX-2), enzymes qui catalysent l'oxygénation des acides gras polyinsaturés pour former les prostanoides. Les deux enzymes sont inhibées par ce polysaccharide qui est plus efficace dans l'inhibition de la COX-2 que la COX-1 ([Ibrahim, Mahmoud et al. 2014](#)). Ainsi une activité anti-inflammatoire dose-dépendante est observée avec les polysaccharides acides sur l'hyperplasie de tissu de granulome chez des rats ([Wu, Cui et al. 2007](#)).

Des études menées par [Du, Liu et al. \(2013\)](#) ont également démontré que les polysaccharides hydrosolubles inhibent de manière significative la production de l'oxyde nitrique (NO), la prostaglandine, le TNF- $\alpha$  et l'IL-6.

La phytochimie moderne et les expériences pharmacologiques ont démontré également que les polysaccharides sont des principaux ingrédients actifs de la racine d'*A. membranaceus* avec diverses activités biologiques telle que l'activité anti-inflammatoire ([Jin, Zhao et al. 2014](#)).

Généralement, les polysaccharides hydrosolubles participent à la mobilité des leucocytes sur la surface endothéliale du site d'inflammation (annexe 04), la régulation des chimiokines, la migration transendothéliale des leucocytes, l'assemblage structural de la membrane basale sous-endothéliale responsable du contrôle de l'entrée des cellules de tissu, l'inhibition du cyclo-oxygénase ou lipo-oxygénase, et ainsi par l'inhibition de l'adhérence des leucocytes qui est l'une des premières étapes dans l'initiation de la réponse inflammatoire et pour l'accumulation des cellules immunitaires actives au niveau des sites inflammatoires ([Wu, Cui et al. 2007](#)). En raison de ces fonctions et d'autres, les polysaccharides hydrosolubles de différentes structures et de différentes origines, peuvent être utilisés pour réguler négativement les processus d'inflammation ([Pomin 2015](#)).

## CONCLUSION

L'objectif de ce travail est d'extraire, de purifier et de caractériser les polysaccharides pectiques (PP) à partir de l'*Aloe vera* en vue d'étudier leur potentiel antioxydant, anti-inflammatoire et antibactérien. L'extraction des PP a permis leur obtention avec un rendement qui était de 2.02%.

La caractérisation biochimique de la composition en monosaccharides des polysaccharidiques indique que l'extrait brut polysaccharidique de l'*Aloe vera*, est constitué principalement de 75.27% galactose, 10.82% de rhamnose, 4.95% d'arabinose, 0.28% de mannose, 10.82% d'acide glucuronique et 2.16% d'acide galacturonique. Le résultat d'analyse infrarouge en phase solide (FTIR) montre que les pectines appartiennent à la classe des carboxypolysaccharides, qui diffèrent des polysaccharides neutres, avec une bande intense dans la région  $1750-35\text{ cm}^{-1}$  relative à la vibration de groupe carboxyle estérifié et celle dans la gamme de  $1600-1650\text{ cm}^{-1}$  caractéristique du groupement carboxyle libre non estérifié.

Le dosage colorimétrique a indiqué une forte teneur en glucides totaux qui est estimée de 94,55% du poids total de l'extrait et une faible teneur en protéines (2,85%).

Ce travail a permis également de mettre en évidence les propriétés réductrices de l'extrait PP de l'*Aloe vera*, en effet un pouvoir réducteur a été observé. L'étude de ces composés a montré d'autres activités biologiques importantes, en outre les PP possèdent une activité anti-inflammatoire très significative qui s'explique par la diminution des œdèmes, ainsi qu'une activité antibactérienne contre *Staphylococcus aureus*.

Ces résultats peuvent envisager l'utilisation de ces molécules dans le domaine de santé surtout pour la prévention des maladies liées au stress oxydant, ainsi que dans l'amélioration du bien-être corporel. Par ailleurs ces molécules peuvent également avoir des applications dans le domaine agroalimentaire en les incorporant dans les aliments. Par leur action antioxydante, ils contribuent à l'amélioration de la durée de vie d'un aliment et de ses propriétés organoleptiques en protégeant ses constituants contre l'oxydation.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Al-Awadi, F. M. and K. A. Gumaa (1987). "Studies on the activity of individual plants of an antidiabetic plant mixture." *Acta Diabetologica* **24**(1): 37-41.
2. Apak, R., K. Güçlü, et al. (2007). "Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay." *Molecules* **12**(7): 1496-1547.
3. Atalla, R. H. and D. L. VanderHart (1984). "Native cellulose: a composite of two distinct crystalline forms." *Science* **223**: 283-286.
4. Baruah, A., M. Bordoloi, et al. (2016). "*Aloe vera*: A multipurpose industrial crop." *Industrial Crops and Products* **94**: 951-963.
5. Ben Hamou, K. (2015). Extraction de nanofibrilles de cellulose à structure et propriétés contrôlées: caractérisation, propriétés rhéologiques et application nanocomposites, Grenoble Alpes.
6. Benzie, I. F. and S. Wachtel-Galor (2011). *Herbal medicine: biomolecular and clinical aspects*, CRC Press.
7. Bhattacharya, M., S. Malik, et al. (2011). "*Aloe vera barbedensis*: A review on its Ethanopharmacological value." *J. Pharm. Res* **4**: 4507-4510.
8. Boual, Z. (2009). "Contribution à l'étude des polysaccharides de quelques plantes spontanées à caractère médicinal de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est Algérien)." Mémoire de magister. Université Kasdi Merbah Ouargla. p80.
9. Bradford, M. M. (1976). "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding." *Analytical biochemistry* **72**(1-2): 248-254.
10. Brudieux, V. (2007). Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique de nouvelles structures pectiques: application de la relation structure/activité à la dermocosmétique, Limoges.
11. Cárdenas, A., F. M. Goycoolea, et al. (2008). "On the gelling behaviour of 'nopal' (*Opuntia ficus indica*) low methoxyl pectin." *Carbohydrate Polymers* **73**(2): 212-222.
12. Chavez Montes, R. A. (2008). Caractérisation de mutants et transformants d'alpha-L-arabinofuranosidase chez *Arabidopsis thaliana*, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.

13. Chemin, M. (2014). Valorisation des xylanes du bois: vers la synthèse de copolymères amphiphiles bio-sourcés, Bordeaux.
14. Choi, S. and M.-H. Chung (2003). A review on the relationship between *Aloe vera* components and their biologic effects. Seminars in integrative medicine, Elsevier.
15. Christaki, E. V. and P. C. Florou-Paneri (2010). "*Aloe vera*: A plant for many uses." J Food Agric Environ **8**(2): 245-249.
16. Claisse, N. (2012). Préparation et modification d'oligosaccharides de cellulose par chimie douce bio-inspirée, Université de Grenoble.
17. Coimbra, M. A., A. Barros, et al. (1999). "FTIR spectroscopy as a tool for the analysis of olive pulp cell-wall polysaccharide extracts." Carbohydrate Research **317**(1-4): 145-154.
18. Combo, A. M. M., M. Aguedo, et al. (2011). "Les oligosaccharides pectiques: production et applications possibles/Pectic oligosaccharides: production and potential applications." Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement **15**(1): 153.
19. da Cunha Gonçalves, A. M., A. Bodin, et al. (2011). "Preparation and Evaluation of Material Properties of Biofilms from Spruce Xylan."
20. Dagne, E., D. Bisrat, et al. (2000). "Chemistry of *Aloe* species." Current Organic Chemistry **4**(10): 1055-1078.
21. Decou, R. (2009). Contribution à l'étude du rôle des xylanes et des xyloglucanes fucosylés au cours de la formation du bois. Application à la formation du bois de tension chez le peuplier, UNIVERSITE DE LIMOGES.
22. Delatorre-Herrera, J., I. Delfino, et al. (2010). "Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in *Aloe Vera* plants (*Aloe barbadensis* Miller)." Agricultural Water Management **97**(10): 1564-1570.
23. Doiseau, A.-C. (2014). Déshydratation catalytique du xylose en furfural, Lyon 1.
24. Du, Z., H. Liu, et al. (2013). "Antioxidant and anti-inflammatory activities of Radix Isatidis polysaccharide in murine alveolar macrophages." International journal of biological macromolecules **58**: 329-335.

25. DuBois, M., K. A. Gilles, et al. (1956). "Colorimetric method for determination of sugars and related substances." *Analytical chemistry* **28**(3): 350-356.
26. Dulger, B. and A. Gonuz (2004). "Antimicrobial activity of certain plants used in Turkish traditional medicine." *Asian J. Plant Sci* **3**(1): 104-107.
27. Ebringerova, A. and T. Heinze (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.
28. Ebringerova, A., Z. Hromádková, et al. (1997). "Isolation and characterization of mitogenic pectic polysaccharides from *Cistanche deserticola* YC Ma." *Chemical Papers* **51**(5): 289-294.
29. Ebringerová, A., A. Kardošová, et al. (2003). "Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants." *Fitoterapia* **74**(1): 52-61.
30. Félix, G. and T. Zhang (1993). "Chiral packing materials for high-performance liquid chromatographic resolution of enantiomers based on substituted branched polysaccharides coated on silica gel." *Journal of Chromatography A* **639**(2): 141-149.
31. Femenia, A., E. S. Sánchez, et al. (1998). "Developmental and ripening-related effects on the cell wall of apricot (*Prunus armeniaca*) fruit." *Journal of the Science of Food and Agriculture* **77**(4): 487-493.
32. Femenia, A., E. S. Sánchez, et al. (1999). "Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues." *Carbohydrate polymers* **39**(2): 109-117.
33. Ghannam, N., M. Kingston, et al. (1986). "The antidiabetic activity of aloes: preliminary clinical and experimental observations." *Horm Res* **24**(4): 288-294.
34. Gloaguen, V. and P. Krausz (2008). "PROPRIÉTÉS ANTI INFLAMMATOIRES DU POLYSACCHARIDE CAPSULAIRE PRODUIT PAR LA CYANOBACTÉRIE THERMOPHILE: *MASTIGOCLADUS LAMINOSUS*." *La Presse thermale et climatique* **145**: 135-141.
35. Gorshkova, T., L. Kozlova, et al. (2013). "Spatial structure of plant cell wall polysaccharides and its functional significance." *Biochemistry (Moscow)* **78**(7): 836-853.
36. Granström, M. (2009). "Cellulose derivatives: synthesis, properties and applications."

37. Grindlay, D. and T. Reynolds (1986). "The *Aloe vera* phenomenon: a review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel." *Journal of ethnopharmacology* **16**(2-3): 117-151.
38. Habibi, Y., A. Heyraud, et al. (2004). "Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits." *Carbohydrate Research* **339**(6): 1119-1127.
39. Haller Jr, J. S. (1990). "A drug for all seasons. Medical and pharmacological history of *Aloe*." *Bulletin of the New York Academy of Medicine* **66**(6): 647.
40. Hamman, J. H. (2008). "Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel." *Molecules* **13**(8): 1599-1616.
41. Ibrahim, A. Y., M. Mahmoud, et al. (2014). "Anti-inflammatory and antioxidant activities of polysaccharide from *Adansonia digitata*: An in vitro study." *Int J Pharm Sci Rev Res* **25**(2): 174-182.
42. Jin, M., K. Zhao, et al. (2014). "Structural features and biological activities of the polysaccharides from *Astragalus membranaceus*." *International journal of biological macromolecules* **64**: 257-266.
43. JONES, H. (2007). DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE TOULOUSE délivré par l'université Toulouse III-Paul Sabatier Discipline: Informatique présentée et soutenue par, Université de Savoie.
44. Kertesz, Z. I. (1951). "The pectic substances."
45. Kumar, S. and J. Yadav (2014). "Ethnobotanical and pharmacological properties of *Aloe vera*: A review." *Journal of Medicinal Plants Research* **8**(48): 1387-1398.
46. Laine, C. (2005). Structures of hemicelluloses and pectins in wood and pulp, Helsinki University of Technology.
47. Larm, O., O. Theander, et al. (1975). "Structural studies on a water-soluble arabinan isolated from rapeseed (*Brassica napus*)." *Acta Chemica Scandinavica. Series B* (Denmark).
48. Lee, S. C. and L. Prosky (1994). "International survey on dietary fiber: definition, analysis, and reference materials." *Journal of AOAC International* **78**(1): 22-36.

49. Lefsih, K., C. Delattre, et al. (2016). "Extraction, characterization and gelling behavior enhancement of pectins from the cladodes of *Opuntia ficus indica*." International journal of biological macromolecules **82**: 645-652.
50. Lin, L.-W., M.-T. Hsieh, et al. (2002). "Anti-nociceptive and anti-inflammatory activity caused by *Cistanche deserticola* in rodents." Journal of ethnopharmacology **83**(3): 177-182.
51. May, C. (2000). Production process of pectin. In handbook of hydrocolloids (eds.) Phillips GO and Williams, PA CRC Press Cambridge, England.
52. Meyer, K. H. and L. Misch (1937). "Positions des atomes dans le nouveau modele spatial de la cellulose." Helvetica Chimica Acta **20**(1): 232-244.
53. Moniruzzaman, M., B. Rokeya, et al. (2012). "In vitro antioxidant effects of *Aloe barbadensis* Miller extracts and the potential role of these extracts as antidiabetic and antilipidemic agents on streptozotocin-induced type 2 diabetic model rats." Molecules **17**(11): 12851-12867.
54. Nejatizadeh-Barandozi, F. and S. Enferadi (2012). "FT-IR study of the polysaccharides isolated from the skin juice, gel juice, and flower of *Aloe vera* tissues affected by fertilizer treatment." Organic and Medicinal Chemistry Letters **2**(1): 33.
55. O'NEILL, M., P. ALBERSHEIM, et al. (1990). "12 The Pectic Polysaccharides of Primary Cell Walls." Carbohydrates **2**: 415.
56. Okyar, A., A. Can, et al. (2001). "Effect of *Aloe vera* leaves on blood glucose level in type I and type II diabetic rat models." Phytotherapy Research **15**(2): 157-161.
57. OYAIZU, M. (1986). "STUDIES ON PRODUCTS OF BROWNING REACTION: ANTIOXIDATIVE ACTIVITIES OF PRODUCTS OF BROWNING REACTION PREPARED FROM GLUCOSAMINE."
58. Parsons, B. N., P. Wigley, et al. (2014). "Dietary supplementation with soluble plantain non-starch polysaccharides inhibits intestinal invasion of *Salmonella Typhimurium* in the chicken." PloS one **9**(2): e87658.
59. Perez, S. (1997). "Les vertus cachées des sucres." Biofutur **1997**(171): 21-23.
60. Pérez, S., M. Rodriguez-Carvajal, et al. (2003). "A complex plant cell wall polysaccharide: rhamnogalacturonan II. A structure in quest of a function." Biochimie **85**(1): 109-121.

61. Pomin, V. H. (2015). "Sulfated glycans in inflammation." *European journal of medicinal chemistry* **92**: 353-369.
62. Qian, Z.-G. (2014). "Cellulase-assisted extraction of polysaccharides from *Cucurbita moschata* and their antibacterial activity." *Carbohydrate polymers* **101**: 432-434.
63. Renard, C., A. Voragen, et al. (1990). "Studies on apple protopectin: I. Extraction of insoluble pectin by chemical means." *Carbohydrate Polymers* **12**(1): 9-25.
64. Roos, N. (2010). "L'ALOE VERA: UNE PLANTE AUX VERTUS ETONNANTES."
65. Rotelli, A. E., T. Guardia, et al. (2003). "Comparative study of flavonoids in experimental models of inflammation." *Pharmacological research* **48**(6): 601-606.
66. Sanghi, S. B. "ALOE VERA: A MEDICINAL HERB."
67. Sawut, A., M. Yimit, et al. (2014). "Photopolymerisation and characterization of maleylated cellulose-g-poly(acrylic acid) superabsorbent polymer." *Carbohydrate Polymers* **101**(0): 231-239.
68. Sepúlveda, E., C. Sáenz, et al. (2007). "Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia spp.*" *Journal of Arid Environments* **68**(4): 534-545.
69. Sharma, P., A. C. Kharkwal, et al. (2014). "A review on pharmacological properties of *Aloe vera*." *Int J Pharm Sci Rev Res*: 14-604.
70. Shelton, R. M. (1991). "*Aloe vera*." *International journal of dermatology* **30**(10): 679-683.
71. Thakur, B. R., R. K. Singh, et al. (1997). "Chemistry and uses of pectin—a review." *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* **37**(1): 47-73.
72. Waldron, K. W. and R. R. Selvendran (1990). "Composition of the cell walls of different asparagus (*Asparagus officinalis*) tissues." *Physiologia plantarum* **80**(4): 568-575.
73. Wertz, J.-L. (2011). "Les hémicelluloses." Rapport de synthèse, Document ValBiom-Gembloux AgroBioTech (Novembre 2011).

74. Willats, W. G., L. McCartney, et al. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant Cell Walls*, Springer: 9-27.
75. Wu, G.-H., T. Hu, et al. (2014). "In vitro antioxidant activities of the polysaccharides from *Pleurotus tuber-regium* (Fr.) Sing." *Food chemistry* **148**: 351-356.
76. Wu, J. H., C. Xu, et al. (2006). "Antioxidant properties and PC12 cell protective effects of APS-1, a polysaccharide from *Aloe vera* var. *chinensis*." *Life sciences* **78**(6): 622-630.
77. Wu, X. M., X. M. Gao, et al. (2005). "An arabinogalactan isolated from the stems of *Cistanche deserticola* induces the proliferation of cultured lymphocytes." *International journal of biological macromolecules* **37**(5): 278-282.
78. Wu, Y., S. W. Cui, et al. (2007). "Preparation, partial characterization and bioactivity of water-soluble polysaccharides from boat-fruited *sterculia* seeds." *Carbohydrate polymers* **70**(4): 437-443.
79. Xie, L. Y., Y. Zhang, et al. (2011). "[Study on methods of deproteinization from *Phellinus baumii* polysaccharide]." *Zhong Yao Cai. Journal of Chinese Medicinal Materials* **34**(2): 293-295.

## ANNEXE 01 : Analyses et dosages physico-chimiques

**Tableau I : Préparation de la gamme d'étalonnage du D-glucose.**

Standard	D-glucose				
Concentration (mg/mL)	1,25	2,5	5	10	20
Volume prélevé (mL)	0,5				
Acide sulfurique 95%	1,5				
Phénol 5%	0,3				

**Tableau II : Valeurs des absorbances de la gamme d'étalonnage du D-glucose.**

Concentration (mg/mL)	1,25	2,5	5	10	20
Absorbance (490 nm)	0,22	0,25	0,338	0,443	0,629

**Tableau III : Préparation de la solution à doser.**

Echantillon	PP
Concentration (mg/mL)	20
Volume prélevé (mL)	0,5
Acide sulfurique 95%	1,5
Phénol 5%	0,3

**Tableau IV : Valeurs des absorbances des solutions à doser.**

Concentration (mg/mL)	20		
Absorbance (490nm)	0.889	0.888	0.893

**Tableau V : La concentration des glucides à 490nm.**

Echantillon	Masse (mg)	Volume (mL)	Absorbance (490nm)	[glucide] (mg/mL)	% [glucide] Dans PTE
PP	80	4	0,890	18,91	94,55%

**Tableau VI: Préparation de la gamme d'étalonnage de la BSA.**

Référence	BSA					
Concentration ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Volume prélevé ( $\mu\text{l}$ )	0	10	20	30	40	50
PBS ( $\mu\text{l}$ )	100	90	80	70	60	50
Bradford (ml)	3					

**Tableau VII: Valeurs des absorbances de la gamme d'étalonnage de la BSA.**

Concentration ( $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ )	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Absorbance (nm)	0.295	0.371	0.497	0.623	0.756

**Tableau VIII: La concentration des protéines à 595nm.**

Echantillon	masse (mg)	Volume (mL)	Absorbance (595nm)	[protéine] ( $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ )	% [protéine] Dans le PTE
PP	80	2	0.29	1,14	2,85

**Tableau IX: Préparation des solutions à doser.**

Echantillon	PP
Concentration (mg/mL)	40
Volume prélevé ( $\mu\text{L}$ )	10
PBS ( $\mu\text{L}$ )	90
Bradford (mL)	3

**Tableau X: Valeurs des absorbances des solutions à doser.**

Concentration (mg/mL)	40		
Absorbance (595 nm)	0.290	0.280	0.30

**Tableau XII: Préparation des solutions à doser.**

Echantillon	PP et Vit C					
	0	10	20	30	40	50
Concentration (gr/mL)						
Volume prélevé (µL)	100					
Tampon phosphate (µl)	250					
Ferricyanide de potassium (1%) (µl)	250					
Acide trichloracétique (0.61 M) (l)	250					
Eau distillée (µl)	250					
FeCl <sub>3</sub> (0.1% m/v) (µL)	50					

**Tableau XIII:** valeurs de la gamme d'étalonnage ainsi que l'absorbance de la vitamine C

Concentration (mg/mL)	10	20	30	40	50
Absorbance Vit C (700 nm)	0,494	0,548	0,666	0,790	0,986
Absorbance PP (700 nm)	0,125	0,245	0,286	0,306	0,319

**ANNEXE 02 : Composition chimique du tampon phosphate salin et du réactif de Bradford**

**Tableau I:** Composition chimique du tampon phosphate salin (PBS).

<b>Composants chimiques</b>	<b>Teneur (gr)</b>
NaCl	4
KCl	0.1
NaHPO <sub>4</sub>	0.72
KaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.12

**Tableau II :** Composition du réactif de Bradford.

<b>Composants chimiques</b>	<b>Teneur</b>
Bleu de Coomatie G250	100 mg
Ethanol 95%	50 mL
Acide ortho-phosphorique 86%	100 mL

### ANNEXE 03 : Activité antibactérienne

#### *Staphylococcus Aureus ATCC6538*

Coque à coloration de Gram+, mesurant de 0,5 à 1 µm de diamètre, ne sporule pas, immobile, aéro-anaérobie facultatif. Forme ronde (Coccus). C'est un producteur d'entérotoxines staphylococciques (SE), protéines thermorésistantes préformées dans l'aliment et d'origine humaine / animale (des squames contaminées, gouttelettes issues des voies respiratoires).



**Figures 01:** Les colonies de *S. aureus* sur milieu BP.

**Tableau I :** Composition du milieu Brad -Parker (BP)

Composants	Quantité (g/L d'eau distillée)
Bio-Trypcase	10
Extrait de viande de bœuf	5
Extrait de levure	2
Chlorure de lithium	5
Pyruvate de sodium	10
Glycocolle	12
Tellurite de potassium	1 mL
Emulsion de jaune d'œuf à 10 %	1 mL
Agar	15
pH = 7,2	

## ANNEXE 04 : Activité anti-inflammatoire

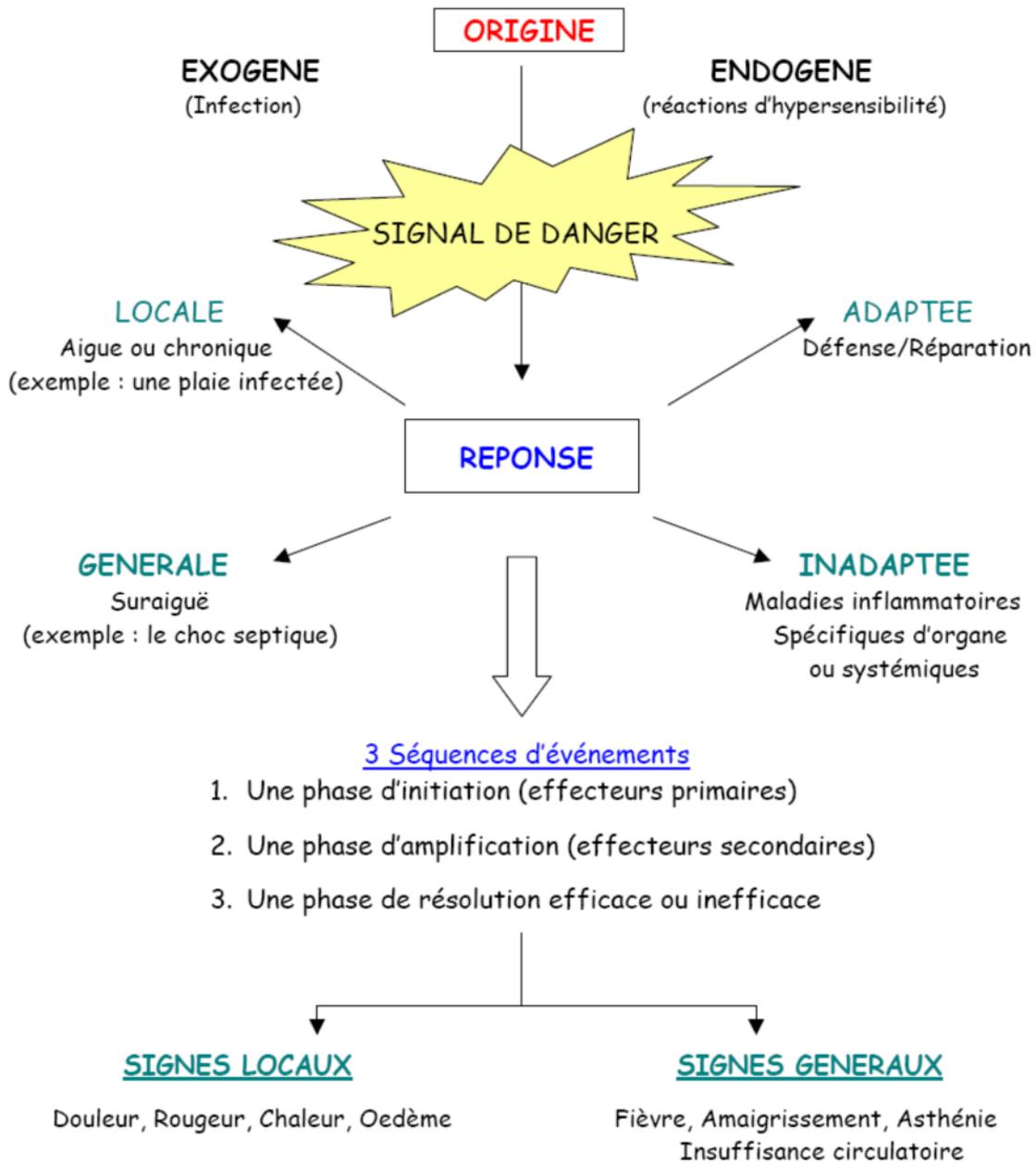


Figure 01: Schéma de la réaction inflammatoire (Pomin 2015).

## RESUME

Ce travail est réalisé dans la perspective d'étudier la structure des polysaccharides pectiques issus des feuilles d'*Aloe vera*. Ces derniers ont été caractérisés par spectroscopie FTIR pour identifier les groupements fonctionnels confirmant leur nature pectique, et l'analyse par chromatographie haute pression échangeuse d'anions (HPAEC), pour déterminer la composition en monosaccharides constitutifs affirmant ainsi qu'ils sont majoritairement constitués de galactose (75,25 %). La teneur en glucides totaux (96,84%) a été déterminée par un dosage colorimétrique par la méthode phénol-acide sulfurique et la quantité en protéines (2,85%) est mesurée par la méthode de Bradford. Au cours de cette recherche menée sur l'*Aloe vera*, l'activité antibactérienne contre *Staphylococcus aureus* et l'activité anti-inflammatoire qui s'explique par la diminution des œdèmes ainsi que le pouvoir réducteur des polysaccharides pectiques ont été également étudiés et confirmés.

**Mots clés :** *Aloe vera* ; Polysaccharides pectiques ; Pouvoir réducteur ; activité anti-inflammatoire ; activité antibactérienne ; FTIR ; HPAEC.

## SUMMARY

This work is carried out with a view to studying the structure of pectic polysaccharides from the leaves of *Aloe vera*. The latter were characterized by FTIR spectroscopy to identify the functional groups confirming their pectic nature and analysis by high pressure anion exchange chromatography (HPAEC), in order to determine the composition of constituent monosaccharides, thus asserting that they are predominantly composed of galactose (75.25%). The total carbohydrate content (96.84%) was determined by a phenol-sulfuric acid colorimetric assay and the amount of protein (2.85%) was measured by the Bradford method. In the course of this research on *Aloe vera*, anti-bacterial activity against *Staphylococcus aureus* and anti-inflammatory activity due to decreased edema and the reduction of pectic polysaccharides have also been studied and confirmed.

**Keywords:** *Aloe vera*; Pectic polysaccharides; Reducing power; anti-inflammatory activity; antibacterial activity; FTIR; HPAEC.