

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

Université A. MIRA – BEJAIA



Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Génie des Procédés

Option : Génie Pharmaceutique

Thème

**Elaboration et Caractérisation des films à base
d'alginate/Huile essentielle *Schinus Molle***

Présenté par :

CHABANE Mouna

Soutenu le 02 /07/2023

Devant le jury composé de

Mme Belkacemi H.

Professeur

Examinatrice

Mme Belhadj N.

MCA

Présidente

Mr Belhamel K.

Professeur

Promoteur

Mme Belhamel C

MAB

Co-Promoteur

Remerciement

Avant toute chose, Nous commençons par remercier le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné le savoir, la force, la volonté et la patience afin de réaliser ce modeste travail.

Nos vifs remerciements s'adressent tout d'abord à notre promoteur monsieur *BELHAMEL Kamel*, pour la confiance qu'elle nous a accordé en acceptant de diriger ce travail, pour son écoute et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer.

Nos vifs remerciements s'adressent au président de jury, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance et le membre de jury, qui nous ont fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous remercions également tous nos enseignants du département de Génie des procédés, pour la qualité de leur enseignement et pour leurs efforts afin d'assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nos grands remerciements s'adressent à nos familles pour leurs soutiens tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail, sans leurs apports financiers ce travail n'aurait pas vu le jour.

Enfin, nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes ayant contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Avec un cœur plein d'amour et de fierté je dédie ce travail :

A l'étoile de mon ciel qui a su mettre la lumière dans mon univers, ma Source de vie, d'amour et d'affection, qui m'a toujours entourée d'amour, pour me soutenir et m'encourager durant toute ma vie et donner l'espoir de poursuivre ce chemin jusqu'au

Bout « ma chère mère *Louiza* ». Que dieu la protège. A la mémoire de mon père

Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis il a été l'homme le plus généreux du monde, et à celui qui a été toujours présent dans mon cœur même s'il est loin de moi, qui m'a appris les valeurs de la vie, et à celui qui m'a tout donné sans cesse, « mon père *Amar* » que j'aime, pour qui l'honneur d'être sa fille me suffit.

A mes adorables frères : *Lamine* et *Bilal* pour leur affection, compréhension et patience, qui ont été toujours à mes côtés. Je souhaite qu'ils trouvent à travers ce mémoire le faible témoignage de leurs efforts et de leurs sacrifices

A mes très chères sœurs : *Lamia*, *Samira*, *Nihal* que j'aime d'un amour inconditionnel

A ma belle-sœur : *Amel*, qui m'encourage à chaque fois et ses deux petits *Yolane* et *Niella*.

A Mes chers amis : *Chafia*, *Naima*,...qui ont passé avec moi les moments les plus difficiles et les plus beaux

A une personne très cher : *Rachid* qui m'a soutenu tout au long de ce travail.

A toute la promo 2023, GPH

Mouna

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Recherche bibliographe	
I. Généralités sur les bio-polymères.....	3
I.1. Définition des bio-polymères.....	3
I.2. Classification des bio-polymères.....	3
I.3. Propriétés des bio-polymères.....	5
I.4. Les applications des bio-polymères.....	7
II. Bio-polymère étudié : Alginate de sodium.....	10
II.1. Définition d'alginate	10
II.2. Source brute d'alginate.....	11
II.2.1. A partir des algues brunes.....	11
II.3. La biosynthèse d'alginate.....	13
II.4. Extraction et préparation d'alginate.....	14
II.5. Propriétés physico-chimique d'alginate.....	14
II.6. Application des alginates.....	16
III. La plante de « <i>Schinus molle</i> ».....	17
III.1. Généralité sur « <i>Schinus molle</i> ».....	17
III.1.1. Origine et répartition dans le monde	17
III.1.2. Description botanique de « <i>Schinus molle</i> ».....	18
III.1.3. Nomenclature.....	19
III.1.4. Classification botanique	19
III.1.5. Propriétés et indication principale de faux poivrier.....	19

III.2. Généralités sur les huiles essentielles.....	21
III.2.1. Définition des huiles essentielles.....	21
III.2.2. Composition chimique des huiles essentielles.....	21
III.2.3. Caractérisation des huiles essentielles	22
III.2.4. Conservation des huiles essentielles.....	22
III.2.5. Activités biologiques des huiles essentielles	23
III.2.6. Toxicité des huiles essentielles.....	24
III.2.7. Extraction des huiles essentielles	25

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

II.1. Matériaux et produits.....	27
II.1.1. Matériaux végétaux.....	27
II.1.2. Produit chimique.....	27
II.2. Protocole expérimentaux.....	29
II.2.1. Formulation.....	29
II.2.2. Préparation des films.....	30
II.2.3. Souches bactériennes.....	32
-Préparation du milieu de culture des bactéries.....	32
-Les étapes de préparation.....	32
II.2.4. Détermination de DI (diamètre d'inhibition).....	34
II.3. Techniques de caractérisation.....	34
II.3.1. Spectre infrarouge à transformée fourrier (IRTF).....	35
II.3.2. Test antibactérienne.....	35
II.3.3. Microscope optique (MOP).....	36

Chapitre 3 : Résultat et discussion.

III.1. Rendements des extractions des huiles essentielles.....	37
III.2. Microscope optique (MOP).....	39

III.3. Spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier.....	40
III.4. Tests antibactériennes.....	48
Conclusion	52
Référence bibliographique	
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau I. : Applications médicales des bio-polymères.....	8
Tableau II : Les applications des bio-polymères dans le domaine de l’emballage.....	10
Tableau III : Condition opératoires de l’extraction par hydrodistillation.....	30
Tableau IV : Références des souches bactériennes testées.....	31
Tableau V: Compositions des différentes formulations.....	33
Tableau VI : Les valeurs des rendements expérimentaux et ceux donnés par littérature.....	39
Tableaux VII : Interprétations des résultats des films obtenus.....	46
Tableau VIII : Tableau des résultats de l’activité biologique.....	49

Liste des figures

Figure 1 : Matrices des bioplastiques.....	4
Figure 2 : Classifications des bioplastiques.....	5
Figure 3 : La structure chimique de l'alginate de sodium.....	11
Figure 4 : Exemples d'algues brunes. A. <i>Halopetrisscoparia</i> . B. <i>Fucusserratus</i> , C. <i>Pylaiellalittoralis</i> , D. <i>Laminariadigitata</i> et E. <i>Desmarestialigulata</i>	13
Figure 5 : Algue <i>Laminaria</i>	15
Figure 6 : Caractéristiques structurelles d'alginate : (a) monomères de l'acide alginique, (b) polymère d'alginate, (c) distribution des blocs.....	16
Figure 7 : Photo de <i>Schinus molle</i>	18
Figure 8 : Feuille de <i>Schinus molle</i>	20
Figure 9 : Baie de <i>Schinus molle</i>	20
Figure 10 : Algue <i>Laminaria digitata</i> morte séchée et broyée.....	28
Figure 11 : Algue <i>Laminaria digitata</i> vivante séchée et broyer.....	28
Figure 12 : Montage réel d'hydrodistillation avec Clevenger: (A) <i>Schinus molle</i> , (B) Algue brune.....	29
Figure 13 : Décantation de phase aqueuse et huileuse extraite du <i>Schinus molle</i>	30
Figure 14 : Les films obtenus : (A) témoin (PVC), (B) avec huile essentielle, (C) Dioctylphthalate, (D) Tetraphenyl borate sodium, (E) Dioctylphthalate + Tetraphenyl borate sodium, (F) mélange.....	32
Figure 15 : Les films d'alginates obtenus : (A) témoin, (B) avec l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i>	33
Figure 16 : Etape de préparation de la gélose.....	34
Figure 17 : Etapes de préparation de Nutrient Broth.....	35
Figure 18 : Des boites pétries gélosées.....	36
Figure 19 : Ensemencement des boites gélosées.....	36
Figure 20 : Photo du spectrophotomètre infrarouge.....	37

Figure 21 : Photos numériques des cristaux d'alginate-Ca : (A) à partir des algues vivantes, (B) à partir des algues mortes.....	40
Figure 22 : Spectre IRTF des extraits alcoolisés : (A) extrait d'algue morte ; (B) extrait d'algue vivante.....	41
Figure 23 : Spectres IRTF de l'huile essentielle de <i>Schinus molle</i>	43
Figure 24 : Spectre IRTF de film l'alginate-Ca.....	43
Figure 25 : Spectre IRTF de film d'alginate-Ca + HE <i>Schinus molle</i>	43
Figure 26 : Spectres IRTF de film PVC.....	43
Figure 27 : Spectre IRTF de film PVC + HE <i>Schinus molle</i>	44
Figure 28 : Spectre IRTF de film PVC + Dioctylphthalate.....	44
Figure 29 : Spectre IRTF de film PVC + Tetraphenyl borate sodium	45
Figure 30 : Spectre IRTF de film PVC + Tetraphenyl borate sodium + Dioctylphthalate.....	45
Figure 31 : Spectre IRTF de film mélange (PVC + HE <i>Schinus molle</i> + Dioctylphthalate + Tetraphenyl borate sodium).....	46
Figure 32 : Expression de l'activité des films à base d'alginate sur quelques souches bactériennes testées (la zone inhibitrice).....	49
Figure 33 : Expression de l'activité des films à base de PVC sur quelques souches bactériennes testées (la zone inhibitrice).....	50
Figure 34 : Expression de l'activité des films à base d'alginate + HE de <i>Schinus molle</i> sur quelques souches bactériennes testées (la zone inhibitrice).....	50
Figure 35 : Expression de l'activité des films à base de PVC +HE de <i>Schinus molle</i> sur quelques souches bactériennes testées (la zone inhibitrice).....	50
Figure 36 : Expression de l'activité des films mélange (HE + Dio + Tetra) à base de PVC sur quelques souches bactériennes testées (la zone inhibitrice).....	51

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de normalisation

ASTM: American Society for Testing and Materials

ATR : Attenuated Total Réflectance.

Ca : calcium

Cm : Centimètre

G : Gramme

G : Grammemg

HE : huile essentielle

IRTF : spectroscopie infrarouge à transformation de Fourier.

K: potassium

Mg: Milligramme.

Mg : magnésium

MH: Milieu de Mueller Hinton

MI : Millilitre

Mm : Millimètre

Na : sodium

Na-Alg: alginate de sodium

PBAT: polybutylene adipate terephthalate

PBS: Polybutylene succinate.

PCL: polycaprolactone.

PH : Potentiel d'Hydrogène

PHA: polyhydroxyalcanoates.

PLA : Acide polylactique

PVC : Polychlorure de vinyle.

Rd : Rendement.

Rpm : Rotation par minute

S : Schinus

T°C : Température.

UV : Ultraviolet.

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Le milieu marin et les organismes qui l'habitent constituent une source importante de Molécules actives à structure chimique originale [1]; Parmi ces organismes marins figure les algues, qui sont souvent fixées sur un substrat [2,3]

Les algues seraient l'une des premières, voire la première manifestation de la vie sur terre. Certaines d'entre elles sont apparues il y a presque 4 milliards d'années et ont participé à l'apparition et au développement de la vie dans les mers et sur terre. Ces végétaux sont souvent mal conçus, assez mal aimés et surtout considérés comme nuisibles et indésirables par la population générale. Cependant, les bienfaits des algues sont reconnus depuis des siècles en Asie et par les populations côtières de par le monde, qui les utilisent de manière empirique et traditionnelle. En occident, l'exploitation et la valorisation de cette richesse n'est pas encore aussi développée. Effectivement, il existe une substance extraite à partir des algues, appelée alginates. [4]

Les alginates sont des polysaccharides naturels qui sont produites par des algues brunes [5]. Leur biodisponibilité élevée et leur procédé d'extraction facile expliquent leur faible coût. Les alginates sont largement utilisés dans différentes applications en raison de leurs propriétés polyvalentes pouvant être contrôlées selon différents stimuli (concentration, température, pH, etc.). En solution aqueuse, les alginates sont généralement employés comme agents épaississants pour augmenter la viscosité du milieu. [6]

Il existe une très grande diversité de bio-polymères, parmi lesquels on trouve la famille des polysaccharides tels que les alginates et les produits chitineux, issus des produits marins. Ces bio-polymères constituent une alternative intéressante dans le cadre du remplacement des polymères issus de la pétrochimie, car ils possèdent des propriétés physicochimiques et biologiques importantes. Ces propriétés trouvent des applications ciblées dans des domaines très variés notamment dans les secteurs de traitement des eaux, l'emballage, textile, l'agriculture, pharmaceutique, l'électronique, et biomédical. [7]

Les algues brunes contiennent de l'alginates intégré dans leur paroi cellulaire, qui est un type d'hydrocolloïdes et peut être utilisé dans de nombreuses industries et applications, y compris le développement de biofilms.

Introduction

Les films à base de polysaccharides, aussi appelés films à base d'hydrates de carbone, sont des polymères hydrophiles et présentent donc de très faibles propriétés barrières à l'humidité [8]. Une variété de polysaccharides et leurs dérivés ont été utilisés comme matrices filmogènes biodégradables.

L'objectif principal de cette étude est d'élaborer et de caractériser un polymère à base d'alginate extraite des algues brunes (*Laminaria digitata*) et huile essentielle *Schinus molle*. Ce polymère représente une avancée prometteuse dans le domaine des matériaux durables et respectueux de l'environnement. Les algues sont une ressource naturelle abondante et renouvelable, tandis que les huiles essentielles issues de plantes telles que le *Schinus molle* offrent des propriétés antimicrobiennes et odorantes bénéfiques. Dans le domaine médical, ce bio-polymère peut trouver des applications en tant que matériau de pansement biodégradable et antimicrobien. Il peut favoriser la cicatrisation des plaies tout en protégeant contre les infections, grâce à l'action des huiles essentielles. De plus, sa dégradation naturelle évite la nécessité de retirer les pansements, réduisant ainsi les traumatismes pour les patients.

Ce travail est constitué de trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la recherche bibliographique Bio-polymère, les alginates et une plante médicinale dénommée *Schinus molle*.

Le deuxième chapitre, portera sur la description du matériel et méthodes utilisés pour l'extraction des alginates à partir des algues brunes et l'extraction de l'huile essentielle de *Schinus molle*. Par la suite l'élaboration du bio-polymère et sa caractérisation par Spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier, une activité antimicrobienne est mise évidence.

Le dernier chapitre, présentation des différents résultats expérimentaux obtenus ainsi que leurs discussions.

Chapitre I :

Recherche

bibliographique

Partie I : Les bio-polymères :

I.1. Généralités sur les bio-polymères :

Les polymères issus de ressources renouvelables ont beaucoup retenu l'attention pour deux raisons principales : la première raison est que nous sommes conscients des limites des ressources pétrolières, et la deuxième raison est que les polymères synthétiques d'origine pétrochimique ont un intérêt très court duré de vie problèmes écologiques à long terme. [9]

Selon l'ASTM (American Society for Testing and Materials), le terme "biodégradable" signifie "capable de se décomposer en biomasse, dioxyde de carbone et méthane". Le mécanisme principal se traduit par une perte de propriétés physiques et mécaniques. Les matériaux biodégradables se dégradent généralement sous l'action de micro-organismes naturels tels que les bactéries, les champignons et les algues, et ces micro-organismes sont des organismes importants pour la biodégradation [9]

La biodégradabilité est l'un des principaux mécanismes par lesquels la plupart des produits chimiques sont rejetés dans l'environnement. Elle est définie comme une dégradation causée par une activité biologique, principalement une action microbienne ou enzymatique.[10]

I.2. Définition des bio-polymères :

Un polymère est une macromolécule organique ou inorganique, composé de longues séquences de molécules appelées monomères composées principalement de carbone et d'hydrogène liées chacune aux autres par des liaisons primaires, le plus souvent covalentes. On distingue deux catégories de polymères : polymère biodégradable et non biodégradable.

Un polymère est caractérisé par le degré de polymérisation. Les polymères d'origine biochimique sont souvent appelés « fibres ». [11]

I.3. Classification des bio-polymères :

Les bioplastiques peuvent être classés à l'aide de diverses méthodes. Ils peuvent être classés en fonction de la composition chimique, de la méthode de synthèse, du procédé de fabrication, de l'importance économique ou de l'application, entre autres. La classification selon l'origine de la ressource (renouvelable ou non renouvelable) et la gestion de fin de vie (biodégradable ou non biodégradable) a été également abordée auparavant et est représentée par la figure 1. [12]

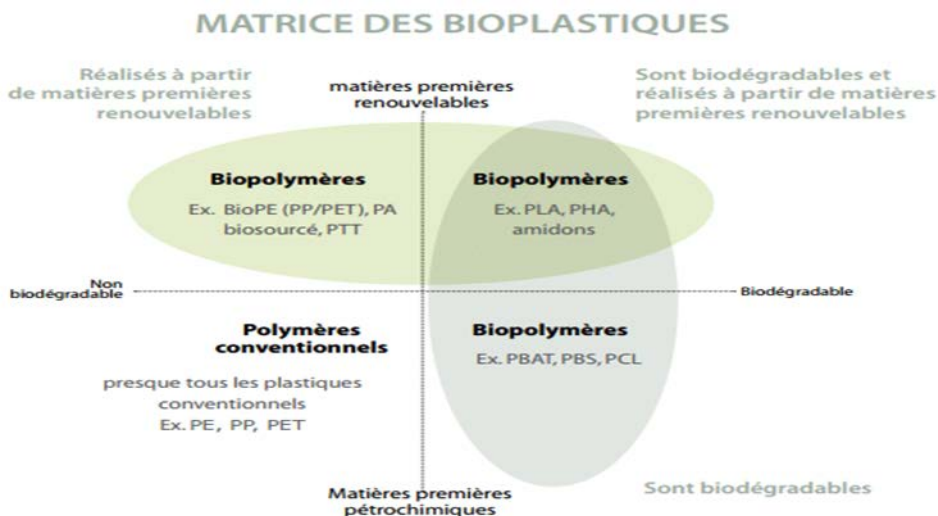


Figure 1 : Matrices des bioplastiques.

La classification par procédé de fabrication a plutôt été privilégiée, afin de présenter et expliquer les différents types de bioplastiques [12]. La figure 2 ci-dessous représente les quatre groupes ainsi classifiés :

- Groupe 1 : Les bioplastiques naturels issus directement de la biomasse ;
- Groupe 2 : Les bioplastiques issus des microorganismes par fermentation microbienne ;
- Groupe 3 : Les bioplastiques obtenus par synthèse à partir de monomères renouvelables ;
- Groupe 4 : Les bioplastiques pétrochimiques biodégradables

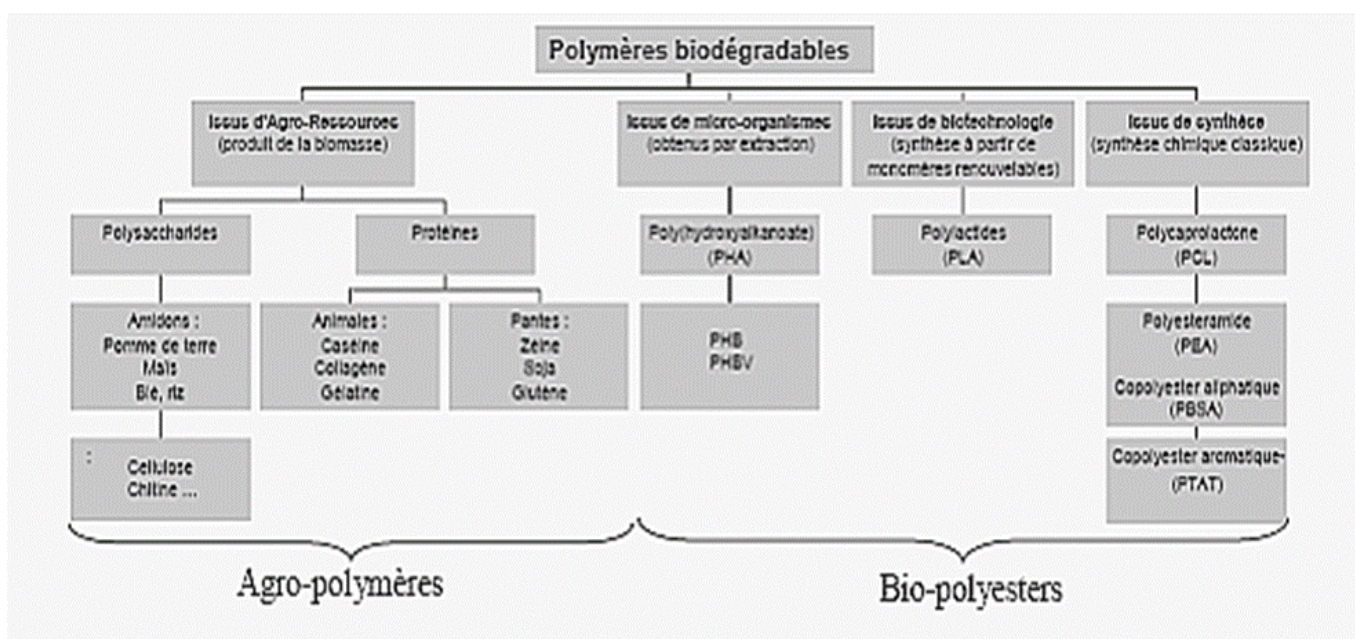


Figure 2 : Classifications des bioplastiques [13]

- Les polymères issus de la biomasse, c'est-à-dire produits à partir d'agro-ressources : il s'agit d'une part des polysaccharides tels que l'amidon et ses dérivés, la cellulose, la chitine, le chitosane, la lignine et d'autre part des protéines, animales ou végétales.
- Les polymères produits par des micro-organismes et obtenus par extraction : les polyhydroxyalcanoates.
- Les polymères issus de la biotechnologie, c'est-à-dire produits par synthèse conventionnelle à partir de monomères issus de ressources renouvelables, comme le polylactide.
- Les polymères dont les monomères proviennent de ressources fossiles et qui sont obtenus par synthèse classique : il s'agit de polyesters tels que le poly (caprolactone), les polyesteramides et les copolyesters aliphatiques (PBSA) ou aromatiques (PBAT) [14].

I.4. Propriétés des bio-polymères :

De par leur structure chimique, les bio-polymères possèdent des propriétés uniques et intéressantes pour des applications très spécifiques dans l'industrie de la plasturgie. La biodégradabilité est primordiale.

I.4.1. La biodégradabilité :

Les bio-polymères sont synthétisés par voie enzymatique chez les plantes ou les animaux et se dégradent donc rapidement dans les milieux biologiques. La biodégradabilité de la plupart des bio-polymères est due à la présence de liaisons facilement clivables, telles que des liaisons ester ou amide, conduit à la formation de molécules plus simples et de fragments plus petits. Ceux-ci sont absorbés par les micro-organismes pour la biosynthèse en libérant du CO₂ et du H₂O. [15]

En revanche, les polymères pétrochimiques traditionnels, comme le polyéthylène ou le polypropylène, dont le squelette carboné est constitué de liaisons covalentes CC, nécessitent plus de temps et/ou la présence de catalyseurs pour se dégrader. [16]

I.4.2. Biocompatibilité et bio-résorbabilité

Un matériau biocompatible est un matériau qui est capable d'accomplir une fonction avec une réponse appropriée et qui n'affecte pas négativement l'environnement biologique dans lequel il fonctionne. Les bio-polymères d'origine naturelle ont logiquement repris cette fonction, et les implants médicaux en polyéthylène ont également été remplacés par des polymères d'origine naturelle.

Outre la biocompatibilité, les matériaux bio-absorbables sont également recherchés pour des applications médicales spécifiques. Le matériau se décompose naturellement dans le corps et est ensuite remplacé par des tissus vivants. Les bio-polymères se dégradent naturellement dans le corps humain par hydrolyse (par voie enzymatique), libérant des molécules absorbables et non toxiques. La bio-résorbabilité des polymères joue un rôle important dans la libération contrôlée des médicaments [15].

I.4.3. Propriétés de perméabilités au gaz

Les bio-polymères d'origine naturelle, notamment les glucides, les protéines et les lipides, sont utilisés pour fabriquer des films alimentaires destinés aux emballages alimentaires. [16]

Matériaux requis pour l'utilisation des bio-polymères dans les emballages alimentaires des propriétés maîtrisées en termes de barrière aux gaz (essentiellement eau et oxygène) afin que remplacez les emballages en verre ou en métal par une très haute capacité barrière. Ce gars Outre l'alimentation, les emballages sont très demandés dans divers domaines tels que médical et optoélectronique [17]. La plupart des bio-polymères (amidon, cellulose et protéines) sont hydrophiles et ont des propriétés naturelles de perméabilité à la vapeur d'eau. La présence de groupes fonctionnels polaires hydroxyle ou amine facilite la formation de ponts Hydrogène [17]. La perméabilité à la vapeur d'eau peut être un inconvénient dans certains cas applications, notamment les emballages alimentaires. Par exemple : pâtisseries Ne peut pas être placé dans un endroit trop humide pour conserver sa fraîcheur. Cependant, Pour certains types d'emballages, cela est avantageux. En effet, en évitant les condensations, la durée de conservation des produits frais est allongée. Cette propriété trouve également une application dans les emballages des produits humides leur laissant la possibilité de continuer de sécher pendant les étapes de stockage et de transport [15].

I.4.4. Propriétés chimiques :

La présence de fonctions chimiques sur les molécules leur confère des propriétés particulières et des installations pour réagir avec d'autres molécules. Leur réactivité est due à la présence de les fonctions alcool, acide, amine ou aldéhyde sont facilement réactives du fait de leur localisation nucléophiles et électrophiles. La présence de certaines instaurations et groupes, Les groupements hydroxyles présents sur les chaînes alkyles des triglycérides permettent leur fonctionnalisation et conduisent à Formation de polyuréthane, polyamide ou polyester. En raison de la présence de stéréo-isomères Carbones asymétriques présents sur certains monomères biologiques comme l'acide lactique Affecter les propriétés physiques du polymère. De plus, la présence de fonctions chimiques Les molécules peuvent être utilisées pour développer de nouveaux matériaux ou modifier Propriétés physiques et mécaniques des bio-polymères et leurs applications [18].

I.5. Les applications des bio-polymères :

Trois grands créneaux d'applications sont identifiés aux propriétés des bio-polymères : la médecine, l'agriculture et les emballages.

I.5.1. En médecine et en pharmacie :

La première application des bio-polymères est médicale, d'autant plus que leur coût initial élevé se justifie dans ces applications à forte valeur ajoutée. Les propriétés de biocompatibilité et de bio-absorbabilité en relation avec leur résistance mécanique sont importantes pour assurer la fonctionnalité visée du champ [19]. Les propriétés de certains bio-polymères typiques utilisés dans des applications médicales sont données comme :

- Implants en chirurgie vasculaire et cardiovasculaire
- Matrice pour faire de la Libération contrôlée de médicaments
- Fils chirurgicaux résorbables [20]

Plusieurs types de bio-polymères sont actuellement utilisés dans le domaine médical. Les polyesters synthétiques tels que le polylactide (PLA) et le polyglycolide (PGA) et leurs copolymères polylactide-Co-glycolide (PLGA) sont connus et utilisés dans les fils structuraux et les implants médicaux. Ces bio-polymères sont bien tolérés et ne présentent aucune toxicité pour l'organisme. D'autres bio-polymères tels que les polyhydroxyalcanoates (PHA), la cellulose ou les poly aminoacides conviennent également pour des applications médicales. [21]

Tableau I : Applications médicales des bio-polymères.

Bio-polymère	Application médicale
Poly (hydroxyalcanoates) (PHA)	Fil de suture, galénique, implant vasculaire, vêtements et accessoire médicaux, ostéosynthèse.
Poly (glycolides) (PGA)	Fil de suture, clip, agrafe et adhésif
Poly lactides (PLA) PLLA	Fixation orthopédique, attache, vis et broche, matrice de régénération de tissu galénique
Polyglactine (PLA-PGA) Polydioxanone	Fil de suture, fixation orthopédique, vis et broche, ligament, tendon et vaisseau artificiel
Cellulose	Encapsulation de médicaments, membrane d'hémodialyse
Alginates	Encapsulation de médicaments, implantation cellulaire
Polyspartates	Encapsulation de médicaments, fil de suture, peau artificielle
Poly (lysine)	Encapsulation des médicaments, bio senseur, bactéricides

I.5.2. En agriculture

En agriculture, les propriétés biodégradables des bio-polymères sont cruciales dans leur application. Dans ce domaine, les films de paillage agricole à base de bio-polymères deviennent progressivement une alternative aux films fabriqués à partir de polymères conventionnels. [22]

Les polymères à base d'amidon sont les plus utilisés en agriculture. Par conséquent, les efforts de suivi pour éliminer, nettoyer et éliminer les déchets plastiques sont d'une importance primordiale. Ainsi, les couvertures en polymères biodégradables évitent la collecte et l'élimination des déchets. En effet, l'utilisation de polymères biodégradables offre la possibilité de maîtriser la fin de vie de ces matériaux, réduisant ainsi l'impact environnemental des déchets. De plus, leur biodégradation rapide évite l'incinération habituelle des paillis traditionnels, qui crée des éléments toxiques dans l'environnement et augmente les coûts de main-d'œuvre. Les bio-polymères peuvent être employés pour confectionner des cordes et des filets de pêche, ils sont également utilisés comme supports pour les cultures marines. [24]

I.5.3. En emballage :

Au quotidien, l'industrie de l'emballage est une autre niche importante du marché des polymères biodégradables. Ce dernier offre une solution au problème des déchets, mais des systèmes de gestion des déchets doivent encore être mis en place déchets appropriés pour ces produits. L'organisation de la filière compostage est donc cruciale pour assurer un recyclage optimal de ces emballages biodégradables. En plus de leur biodégradabilité, les bio-polymères possèdent d'autres propriétés intéressantes qui peuvent être utilisées dans le domaine de l'emballage. En plus de leur fonction première de protection produite, les bio-polymères apportent une fonctionnalité supplémentaire aux emballages grâce à leurs propriétés inhérentes. On peut citer par exemple leur perméabilité à la vapeur d'eau, ce qui est intéressant pour le conditionnement de produits frais comme les fruits et légumes [15].

Trois types de bio-polymères, le polylactide (PLA), les polymères à base d'amidon et les polymères à base de cellulose, connaissent actuellement un développement industriel pour la fabrication des emballages [19]. Ces bio-polymères permettent de couvrir une large gamme d'applications dans le secteur emballage. Quelques applications actuelles des bio-polymères dans le domaine des emballages sont citées dans le tableau II.

I.5.4. Technologie et automobile :

Les plastiques biodégradables sont même utilisés pour la conception d'ordinateur portable comme c'est le cas pour le PLA. Dans le domaine automobile, on peut utiliser de l'amidon comme additif pour la fabrication de pneus et le PLA pour la conception de portières de voitures et de tableaux de bord [25].

I.5.5. En alimentation :

On retrouve aussi des couverts en plastique biodégradable et même des verres, assiettes. Ceci est très efficace pour des chaînes de restauration rapide, des pique-niques. Parmi ces plastiques utilisés, on retrouve le polyhydroxyalcanoate (PHA), le poly (acide lactique) (PLA) [26].

Tableau II : Les applications des bio-polymères dans le domaine de l'emballage [27]

polymères	Amidon	Cellulose	Poly lactide (PLA)
Applications	Emballages films alimentaires et produits d'hygiène, sacs de pomme de terre, couverts jetables....	Emballages films alimentaires, emballages films divers	Raviers et pots, bouteilles d'eau et de lait, gobelets jetables, divers emballages alimentaires, emballages films divers.....

Partie II : Bio-polymère étudié : Alginate de sodium

II.1. Description de l'alginate

L'alginate de sodium $(NaC_6H_7O_6)_n$ est un polysaccharide linéaire, un dérivé de l'acide alginique composé d'acides 1,4- β -d-mannuronique (M) et β -l-gulonique (G). L'alginate de sodium est un composant de la paroi cellulaire des algues brunes marines et contient environ 30 à 60 % d'acide alginique. La conversion de l'acide alginique en alginate de sodium permet sa solubilité dans l'eau, ce qui facilite son extraction. L'alginate de sodium est un polysaccharide typique, ce qui lui permet d'être très largement utilisé dans tous les domaines

qui nécessitent d'avoir une liaison d'acide b D-mannuronique lié 1-4 (M), et à son épimère C-5, il y a un groupe présent nommé L-acide guluronique (G). L'alginate de sodium a été extrait de différentes sources d'algues et dans différentes compositions. [28]

La production industrielle des alginates est basée sur la culture des algues brunes; néanmoins dans la nature, cette famille de polymères est également produite par des bactéries du genre *Azobacter* et *Pseudomonas* (polysaccharide de la capsule). [29]

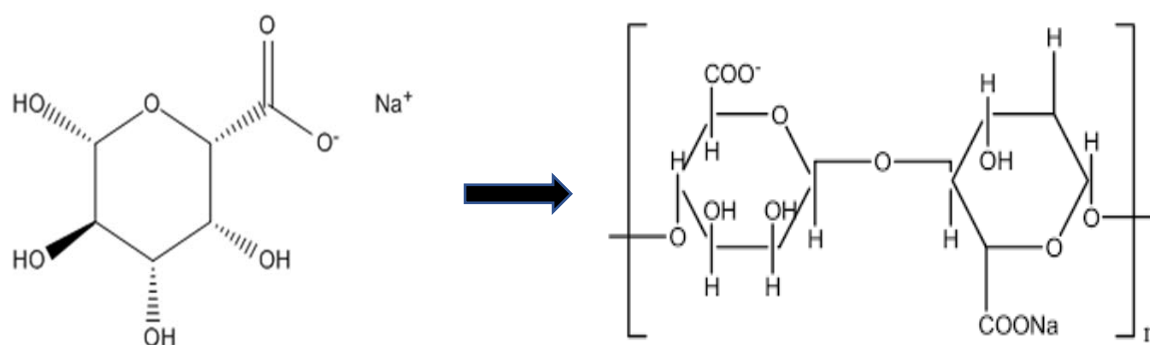


Figure 3 : La structure chimique de l'alginate de sodium.

II.2. Source brute d'alginate :

L'acide alginique et ses sels [Ca, Mg, Na et K] sont présents en abondance dans les algues brunes (paeophyta) des genres " *Macrocystis*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Alario*, *Ecklonia*, *Eisenia*, *Nercocystis*, *Sargas* somme, *Cystoseira* et *Fucus*. Les plus importantes sont des espèces de *Laminaria* connues sous le nom de varechs ou enchevêtrements marins et des spécimens de *Fucus* connus sous le nom de Wracks [30]. Cependant, ce sont deux espèces, *Macrocystis porifera* et *Ascophyllum nodosum*, qui assurent l'essentiel de la production d'alginates dans le monde [31]. Dans le thalus des algues, les phycocolloïdes sont les principaux composants de la paroi cellulaire et de la matrice extracellulaire ; leur fonction de « squelette » augmentant la résistance mécanique et la souplesse du tissu probablement du fait de leur capacité à accumuler des ions métalliques divalents et à former avec ces ions des gels de la résistance mécanique requise. Les alginates acétylés sont également isolés de certaines bactéries des genres *pseudomonas* et *Acetobacter* [32, 33, 34, 35]. Les algues rouges appartenant à la famille des coralenaceases contiennent également ces substances [36, 37].

II.2.1 A partir des algues brunes

II.2.1.1 Définition des algues brunes

Il existe plusieurs types d'algues, selon leurs origines plastidiale. En classant les organismes différemment, plusieurs définitions peuvent être dérivées [38]. Premièrement, le terme thallophyte est limité aux algues et aux champignons. Si nous considérons la capacité de photosynthèse, nous ne parlons que des algues. Par conséquent, ce sont des organes végétatifs de type thalle et photosynthétique.

Les algues brunes, ou Chromophytes, ont une couleur brune due à la richesse du pigment brun fucoxanthine, qui masque la chlorophylle A et C. Leur diversité morphologique est grande, allant de formes filamenteuses relativement simples à des organisations morphologiques complexes (tiges foliaires des plantes supérieures). Les algues brunes sont constituées d'un squelette polysaccharidique, d'une matrice polysaccharidique et d'un réseau protéique [39].

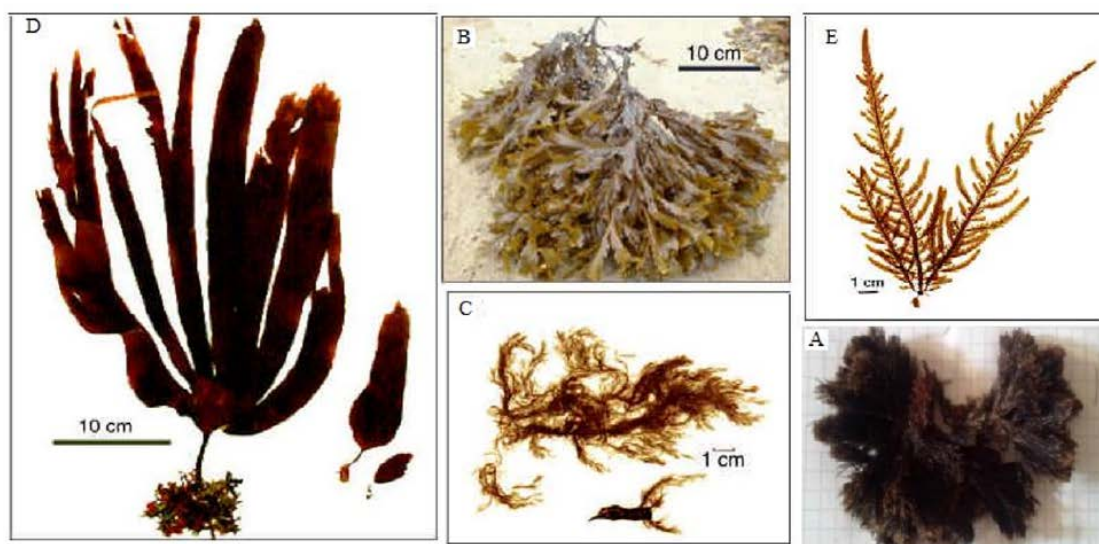


Figure 4 : Exemples d'algues brunes. A. *Halopetriscoparia*. B. *Fucus serratus*, C. *Pylaiellalittoralis*, D. *Laminariadigitata* et E. *Desmarestialigulata*

a) Principale famille d'algue productrice d'alginate

L'alginate de sodium est une substance mucilagineuse issue des algues brunes, est un polysaccharide nature, constitué plus de 40 % du poids sec de l'algue, et constitue le polysaccharide le plus abondant de ces organismes. Les principales algues dont est extrait l'alginate par l'industrie sont celles qui appartiennent aux familles des Laminaires, macrocystis et fucus et des *Lessoniaceae*. D'autres *Phaeophyceae* sont également utilisables

pour la production d'acide alginique : elles appartiennent aux genres *Ascophyllum*, *Ecklonia*, *Nereocystis*, *Durvillea*. [40].

➤ **L'espèce *Laminaire* :**

Les Laminaires présentent également un intérêt commercial considérable : elles sont récoltées ou cultivées dans le monde entier comme source d'alginate, un bio-polymère largement utilisé dans les industries alimentaires et cosmétiques [41 ; 42 ; 43]

Laminaria digitata est une macro-algue de couleur brune à vert olive qui mesure 1 à 4 mètres de long. Elle est lisse au toucher et sa consistance ressemble à du caoutchouc. Elle vit fixée au substrat par un crampon ou aptère ramifié et terminé par de nombreux petits organes de fixation. Son stipe démuné d'épiphytes est lisse et flexible. De section cylindrique, il mesure jusqu'à 4 cm de diamètre. La fronde large est généralement de longueur égale à la hauteur Stipe. En se développant, elle se divise en plusieurs rubans. Espèce pérenne, elle vit de 3 à 5 ans, elle cesse de croître de la fin de l'été jusqu'à la fin de l'hiver [44]

Laminaria digitata se développe dans les zones plus ou moins exposées ou sur des sites avec de forts courants. Elle se fixe sur les rochers de la zone basse des marées et suivant la clarté des eaux, jusqu'à une profondeur maximale de 20 m. Elle n'est émergée qu'à l'occasion des marées basses de vives eaux, on la reconnaît à son stipe légèrement dressé. En Atlantique, Manche, Mer du Nord et Mer Baltique. [45]

➤ **Classification de l'espèce *Laminaria digitata***

Domaine : *Eukaryota*

Règne : *Chromista*

Embranchement : *Ochrophyta*

Classe : *Phaeophyceae*

Ordre : *Laminariales*

Famille : *Laminariaceae*

Genre : *Laminaria*

Espèce : *Laminaria digitata*

➤ **Utilisation**

Laminaria digitata est largement utilisé dans l'alimentation humaine et animale, les engrais et dans l'industrie (Savonneries, cosmétiques, pharmaceutiques...) grâce à sa richesse en polysaccharides, acides aminés, minéraux, iode... [46]

II.3. La biosynthèse des alginates

L'opération de biosynthèse peut être décomposée en quatre étapes :

- 1) synthèse du précurseur de GDP-acide mannuronique ;
- 2) transfert de membrane cytoplasmique et polymérisation en acide polymannuronique;
- 3) transfert péri plasmique et modification ;
- 4) exportation à travers la membrane externe. [47]

II.4. Extraction et préparation :

Les alginates se présentant sous forme de sels insolubles de calcium, magnésium, sodium et potassium contenus dans les parois cellulaires des algues et la matrice extracellulaire, leur extraction et leur purification impliquent généralement des techniques d'échange d'ions ; les détails des méthodes d'extraction sont généralement protégés par des brevets.

Généralement, pour préparer des alginates à usage commercial, les algues sont récoltées mécaniquement et séchées avant d'être traitées ultérieurement, à l'exception de *M. Pyrifera* qui est traitée par voie humide. Les alginates sont ensuite extraits de la matière algale séchée et broyée après traitement avec un acide minéral dilué pour éliminer ou dégrader les homopolysaccharides neutres associés tels que la *laminarine* et la *fucoïdine*. Parallèlement, les cations alcalinoterreux sont échangés contre H⁺. L'alginate est ensuite converti de la forme protonée insoluble en sel de sodium soluble par addition de carbonate de sodium à un pH inférieur à 10. Après extraction, l'alginate peut être d'avantage purifié puis converti en sel ou en acide. Les alginates obtenus à partir d'une source naturelle sont probablement *Vinelandii* et *pseudomonas aeruginosa* respectivement [48].



Figure 5 : Algue Laminaria.

II.5. Propriétés physico-chimiques:

II.5.1 Composition chimique :

L'alginate de sodium est un produit linéaire [49], sensible au pH [50], soluble dans l'eau [51], non toxique, biodégradable [52], hydrophile [53], biocompatible [54], sûr, périssable, non immunogène [55], copolymère poly anionique économiquement bio adhérent [56] poly saccharide. Na-Alg a une capacité de chélation, une transparence à faible coût [57], une facilité de gélification [58], une muco adhésion [59], une capacité d'épaississement et une capacité de fabrication de film. Il a les propriétés d'un caractère stabilisant, d'une viscosité élevée dans l'eau et d'un négociateur gélifiant. En présence d'un environnement gastrique, les hydrogels qui contiennent de l'alginate de sodium ont une propriété de délivrance très lente de décharge médicamenteuse. Na-Alg est thermiquement stable [60].

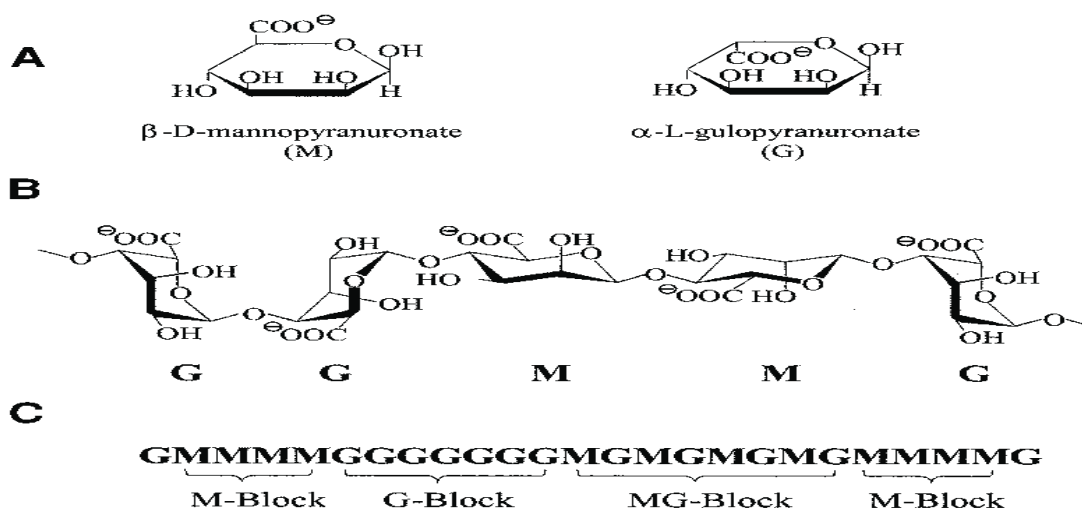


Figure 6 : Caractéristiques structurales d'alginate : (a) monomères de l'acide alginique, (b) polymère d'alginate, (c) distribution des blocs [61]

II.5.2. Solubilité :

Les alginates de sodium ne sont lentement solubles dans l'eau Froide, aussi pour les solutions hydro alcooliques dont la teneur en alcool est supérieure à 30 % en poids. Il est également insoluble dans d'autres solvants organiques, à savoir Le chloroforme et l'éther, et dans les acides où le PH de la solution obtenue limite cette tombe en dessous de 3,0. Une solution à 1% dans de l'eau distillée a un PH d'alginate environ 7.2.

L'alginate de calcium, est cependant pratiquement insoluble dans l'eau et les solvants organiques mais soluble dans le citrate de sodium. [62

II.5.3. Viscosité :

Différentes qualités d'alginate de sodium sont disponibles, donnant solutions aqueuses de viscosité variable dans une plage de 20 à 400 centipoises (0,02-0,4 Pas) se comporte comme un fluide pseudo plastique. Dans une solution à 1 % à 200 °C. En raison de la diffusion de longueurs de chaîne, les solutions d'alginate ne sont pas clairement newtoniennes. Se comporte comme un fluide pseudo plastique [63].

La viscosité des solutions d'alginate dépend principalement du poids moléculaire du matériau. La caractérisation d'échantillons d'alginate purifiés par chromatographie par perméation de gel indique une distribution de taille poly dispersée. La diffusion de la lumière a été utilisée pour déterminer les poids moléculaires moyens de plusieurs échantillons d'alginate.

II.6. Applications :

Ce nouveau polysaccharide a des applications potentielles dans tous les aspects de l'alimentation, de la livraison de médicaments [64], et du pansement et pour le traitement des eaux usées [65]. Na-Alg a de nouvelles applications dans le domaine de l'administration de médicaments, Il est utilisé pour la libération lente de médicaments. Le Na-Alg est utilisé pour les médicaments intestinaux [66], la leucémie, Ce polysaccharide a également de grandes applications dans le domaine de la délivrance de gènes concernant l'identification du cancer de la protéase, la détection de la théophylline, la chimiothérapie topique [67], la croissance bactérienne pro biotique, la délivrance de médicaments antiviraux - VIH / SIDA, Les applications de pansement et de cicatrisation des plaies peuvent être plus réalisables en utilisant ce polymère [68]. Le Na-Alg peut être utilisé dans les applications de pansement et de cicatrisation des plaies [69].

Les caractéristiques divulguées par l'alginate de sodium, telles que la biocompatibilité, la biodégradabilité et le profil non toxique, fournissent la faisabilité de ce polymère pour l'utilisation dans la micro encapsulation de pro-biotiques. La recherche sur l'encapsulation de ces micro-organismes dans du gel d'alginate de sodium a été prometteuse et cette technologie s'est avérée être une alternative viable, maintenant sensiblement la stabilité de ces bactéries à la fois dans le stockage et le passage dans le tractus gastro-intestinal. L'inclusion d'autres matériaux adjuvants améliore la viabilité de ces organismes et rend la technique plus efficace,

démontrant ainsi l'utilisation potentielle du polymère pour l'enrobage de pro biotique en application dans les aliments [70].

Partie II : La plante “*Schinus Molle*”:

II.1. Généralités sur la plante:

II.1.1 Origine et répartition dans le monde :

Le faux poivrier (*Schinus Molle*) est un arbre au poivre appartenant à la famille des anacardiées. Il est originaire d'Amérique du sud. Les membres de cette famille se trouvent principalement dans les régions tropicales et subtropicales du monde, mais sont également représentés dans les forêts de la Méditerranée.

Originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique centrale et de sud, il est également réparti dans les régions semi tropicales des États-Unis de l'Amérique et de l'Afrique centrale. Aujourd'hui on le rencontre fréquemment tout autour du bassin méditerranéen (Afrique du nord et le midi de France) [71]. **(Figure 7)**



Figure 7 : *Schinus Molle*

II.1.2.Historique :

Depuis des temps très reculés, le faux poivrier est connu dans les Andes de Pérou, où il est nommé « *mole* » prononcé « *moyé* », il est utilisé comme combustible, comme barrière dans les champs et les pâturages, sa résine a servi à embaumer les rois incas.

Le nom de cet arbre « *Schinus Molle* » provient du grec « *Schinus* » signifiant lentisque car l'arbre produit un suc (liquide susceptible d'être extrait des tissus végétaux) semblable à la résine des lentisques. Et térébinthacée (plante phanérogame angiosperme formant une famille qui comprend des arbres et des arbrisseaux lactescents et résineux. « À feuilles de pistachier » [72].

II.1.3. Description botanique :

Le faux poivrier est un arbre ligneux de 8 à 12m de hauteur. Il a l'apparence d'un saule pleureur par ses rameaux effilés et retombants. Ses feuilles, alternes, persistantes imparipennées de 7 à 13 paires de folioles linéaires et lancéolées libérant en froissement une odeur de poivre.

La floraison estivale du faux poivrier s'exprime sous la forme de panicules blanchâtres qui se transforment en petites fleurs régulières, bisexuées.

Ses fruits de petites drupes sphériques, de teinte rouge corail à mésocarpe charnu, de saveur poivrée, renferment des graines ayant cette même saveur, mais plus aromatique que piquante. A la suite d'incisions s'écoule de son tronc une résine forte toxique à faible dose, sous l'appellation de mastic d'Amérique, fut utilisée comme masticatoire, si non comme purgatif drastique [73].

❖ Les feuilles :

Les feuilles sont persistantes de 10 à 30 cm de long, pennées portent jusqu'à 25 folioles, lancéolées de 2 à 6.5 cm de long, elles ont une odeur de poivre (**Figure 9**).

❖ Les fleurs :

Les minuscules fleurs jaunes sont réunies en grappes pendantes, calice court à cinq lobes bordés d'une marge clair, cinq pétales étalés, dix étamines inégales fixées sur une couronne glanduleuse, jaune pâle, un ovaire, un loculaire à trois stigmates [74].

❖ Les fruits :

Elles apparaissent au mois de juin jusqu'à septembre et donnent de petits fruits (drupes) rougeâtres à saveur piquant. Ses baies sont classées en mélange avec le poivre blanc, noir et vert. Toutes les parties de le plantes ont une odeur poivrée très prononcées et contiennent une quantité importante en huile essentielles à caractère épicée et aromatique. (**Figure 9**)



Figure 8 : Photo de feuille de *Schinus Molle*.



Figure 9 : Baie de *Schinus Molle*

II.1.4.Nomenclature

- ❖ Nom latin : *Schinus Molle*
- ❖ Nom français : *faux poivrier, molle des jardins, arbre à résine de Pérou, café de chine, poivre brésilien, poivre rose, poivre de Californie.*
- ❖ Nom arabe : *Fulful kadib.*
- ❖ Nom anglais : *brésilien perpétrée, péruvien mastic, californien perpétrée.*
- ❖ Appellation populaire en Algérie : *chedjerat el felfel. [74].*

II.1.5. Classification botanique :

Règne : plante

Sous règne : *tracheobionta*

Division : *magnoliopsida*

Classe : *magnoliopsida*

Sous classe : *rosidae*

Ordre : *sapindales*

Famille : *anacardiacées*

Genre : *Schinus*

Espèce : *Schinus Molle* [74]

II.1.6. Propriétés et indication principale de faux poivrier :

Pratiquement toutes parties de cet arbre tropical, y compris ses feuilles, son écorce son fruit, ses semences, sa résine et oléorésine, ont été utilisées par les populations indigènes à travers les tropiques. La plante a une histoire très longue d'usage et apparaît dans les objets religieux anciens parmi certains des indiens d'Amérique [75].

II.1.6.1. Propriétés médicinales d'huile essentielle du faux poivrier :

Le *faux poivrier* a été utilisé traditionnellement dans la médecine par les populations autochtones partout dans les tropiques. L'huile essentielle de faux poivrier possède des propriétés toniques, astringentes, vasoconstrictrices, elle permet de traiter des problèmes de circulation. L'huile essentielle de cette plante a également un effet diurétique. Les recherches américaines ont pu démontrer les vertus antifongiques, antimicrobiennes et anti-inflammatoires de cette huile essentielle. Elle agit sur les bactéries [74], ce qui explique pourquoi les populations d'Amérique du sud utilisaient cet arbre en toute occasion. L'huile essentielle de faux poivrier est recommandée pour prévenir les refroidissements, la grippe et les infections respiratoires. Elle est aussi indiquée en cas d'hypertension, ainsi que pour équilibrer le cycle féminin et atténuer les troubles liés à ce cycle [74].

II.1.6.2. Propriétés insecticides de l'huile essentielle du faux poivrier :

Le *faux poivrier* a une grande importance ethnobotanique. Car il a été utilisé dans le contrôle des ravageurs des cultures dans plusieurs régions du Pérou. De même, il a été démontré que les extraits et les huiles essentielles de faux poivrier ont des propriétés répulsives. Rodriguez et Egusquiza ont évalué l'effet insecticide sur la mortalité des larves de pyrale du tubercule *Phthorimaea Zeller*. Deveci et al ont démontré que l'huile essentielle extraite à partir de feuilles de faux poivrier s'est révélée plus efficace en termes d'activité antimicrobienne et répulsive que celle extraite à partir des fruits [75].

Les pesticides naturels de faux poivrier et les autres arbres ont contribué à notre époque à limiter les pandémies et les famines grâce à leur action plus en plus ciblée sur des mécanismes biologiques spécifiques [73, 75].

II.2. Généralités sur les huiles essentielles :

Huile essentielle est définie selon la pharmacopée européenne comme un «produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage» [76]

II.2.1. Définition des huiles essentielles :

Huile essentielle est un produit résultant de la distillation à la vapeur d'eau (hydrodistillation) de l'essence végétale, sécrétion naturelle synthétisée par les plantes dites aromatiques, excrétée dans des organes spécifiques (poches à essence), et responsable de l'odeur de la partie de plante concernée [77].

Les huiles essentielles appelées aussi essences, sont des mélanges complexes de substances odorantes et volatiles [78]

Il s'agit de mélanges de composés lipophiles, volatils et souvent liquides, synthétisés et stockés dans certains tissus végétaux spécialisés (poches, canaux, poils). Extraites de la plante grâce à des procédés physiques, les huiles essentielles sont responsables de l'odeur caractéristique de la plante [79].

Cette définition a été reprise à peu de choses près par AFNOR et ISO : « l'huile essentielle est le produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicerpe frais de certains agrumes, soit par distillation. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques » [80; 81].

II.2.2. Composition chimique des huiles essentielles

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles montre qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants est due exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques sont : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane [82].

II.2.3. Caractérisation des huiles essentielles :**II.2.3.1. Propriétés physico-chimique :**

Les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles se résument dans leurs indices, pouvoir rotatoire, viscosité, densité, solubilité dans l'alcool, point d'ébullition et congélation.

Les huiles essentielles sont généralement incolores ou jaune pâle, liquides à température ambiante, solubles dans les solvants organiques non polaires, les huiles grasses et les alcools. Leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau, à l'exception des huiles essentielles de saffran, de clou de girofle et de camelle. Ils ont également un indice de réfraction élevé et la plupart de la lumière polarisée est courbée [83]

II.2.3.2. Caractéristiques organoleptiques

Chaque extrait est caractérisé par ces propriétés organoleptiques telles que l'odeur, l'aspect et la couleur [84]

❖ L'odeur :

L'olfaction est un sens chimique très sensible, et la capacité des parfumeurs à classer et caractériser les produits chimiques a permis de doser produits naturels, avec une perception pouvant aller jusqu'à dix millièmes de gramme par litre d'air.

❖ la couleur :

La couleur d'une huile essentielle dépend des produits qui la composent. Certains solvants ont la capacité d'extraire de nombreux pigments qui intensifient la couleur de certaines huiles.

❖ l'aspect :

L'aspect de l'extrait dépend des produits qui le composent et peut se présenter sous forme solide, liquide ou semi-liquide.

II.2.4. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles de bonne qualité peuvent se conserver plusieurs années sous certaines conditions, jusque cinq ans. Seules les essences de Citrus se gardent un peu moins

longtemps (trois ans). Les huiles essentielles sont volatiles, il ne faut donc pas oublier de bien fermer les flacons. Il est préférable de les conserver dans un flacon en aluminium ou en verre teinté (brun, vert, ou bleu) et de les garder à l'abri de la lumière à une température ambiante jusque vingt degrés [85]

II.2.5. Activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont connues et utilisées depuis longtemps, mais cette utilisation se basait sur des pratiques traditionnelles et des applications sans base scientifique précise. La recherche scientifique actuelle se limite à des recherches fondamentales de la photochimie ou aux propriétés biologiques des huiles essentielles, notamment tout ce qui concerne l'infectiologie qui mène au développement des nouvelles applications dans les domaines pharmaceutique et alimentaire. L'activité biologique des huiles essentielles est liée à sa composition chimique, plus particulièrement aux groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) [86]. Cette diversité des groupes structuraux permet de protéger efficacement contre de nombreux pathogènes, tels que les bactéries, les champignons et les virus.

II.2.5.1 Activité antimicrobienne

Les huiles essentielles sont largement étudiées pour mieux cerner leur efficacité comme agents antimicrobiens naturels. L'activité antimicrobienne d'une huile essentielle peut être biocide vis-à-vis de certaines souches, bio-statique vis-à-vis d'autres ou encore n'avoir aucun effet. Ceci peut être lié au type de microorganisme (Gram positif ou Gram négatif), à sa forme planctonique ou en biofilm, à son métabolisme et à sa résistance [87].

• Activité antibactérienne

Des études récentes ont montré que les huiles essentielles et leurs constituants présentent un potentiel important en tant qu'agents antimicrobiens et dans plusieurs domaines industriels et médicaux. Belletti et Fisher, ont démontré que les huiles essentielles de citrus sont efficaces contre les bactéries pathogènes et contre certaines bactéries responsables de toxoinfection alimentaire telles que *Mycobacterium jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia Coli* (O157 :H7), *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* et *Acrobacterbutzlrri* [88-89-90].

• Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agroalimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs présentent une importante activité antifongique contre les champignons phytopathogènes et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires. L'activité antifongique des huiles essentielles a été évaluée sur l'espèce de levure *Candida albicans*. Ce microorganisme est responsable de nombreuses infections fongiques chez l'homme, notamment au niveau des muqueuses digestives et gynécologiques[91-89]. Selon les travaux de Prudent, Sharma et Viuda-Martos, les H.E de *citrus* : d'orange douce, de citron, de mandarine et pamplemousse montrent une activité antifongique contre *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium chrysogenum* et *P. verrucosum*[92-93].

II.2.5.2. Activité anti-oxydante

Les huiles essentielles sont considérées comme des ressources potentielles de molécules bioactives naturelles, qui ont été étudiées pour leurs propriétés anti-oxydantes [94]. Les composés phénoliques, comme le thymol, le carvacrol et l'eugénol font partie des molécules des huiles essentielles présentant les plus fortes activités antioxydantes ainsi que d'autres composés qui contribuent à cette activité tels que les monoterpènes, les alcools, les cétones, les aldéhydes, les hydrocarbures et les éthers[95-96].

L'étude Caillet et Lacroix ont montré que l'incorporation des huiles essentielles directement dans les aliments (viandes hachées, légumes hachés, purées de fruit, yaourts...) ou leur application par vaporisation à la surface de l'aliment (pièce de viande, charcuterie, poulet, fruits et légumes entiers...) contribuent à préserver l'aliment des phénomènes d'oxydation [94-91].

II.2.5.3. Activité anti-inflammatoire

L'effet anti-inflammatoire des huiles essentielles a été étudié en milieu clinique pour soigner des maladies inflammatoires, telles que les rhumatismes, les allergies ou l'arthrite [91-92]. Les composés actifs α -terpinéol d'huile essentielle de *Melaleuca Alternifolia* empêchent la libération d'histamine ou réduisent la production de médiateurs de l'inflammation [93]. Une autre étude sur les huiles essentielles de *Carlina acanthifolia*, *Citrus aurantium*, *Cyperus*

esculentus et *Hedychium coronarium* a montré un effet anti-oedème des pattes chez les rats traités par le carraghénane [95].

II.2.6 Toxicité des huiles essentielles :

Certaines huiles essentielles pures sont toxiques, par conséquent, il faut les manipuler avec grande précaution et respecter ces quelques règles de base :

- Ne jamais appliquer une huile essentielle pure sur la peau et sur les muqueuses.
- Les plus souvent, l'huile essentielle doit être très fortement diluée dans un support comme une huile végétale : mettre une huile essentielle pure sur la peau peut être très dangereux ; sauf indication, ne pas dépasser une concentration de 5%.
- Certaines huiles essentielles peuvent être irritantes, et allergènes pour certaines personnes.
- Eviter de s'exposer au soleil après l'application d'une huile essentielle, car certaines huiles essentielles sont photosensibles (augmentation de sensibilités aux U.V), ou peuvent provoquer l'apparition de taches pigmentées disgracieuses sur la peau.
- Par précaution, proscrire l'utilisation des huiles essentielles chez les femmes enceintes et les enfants moins de 3 ans : seules certaines sont utilisables dans leur cas et avec des dosages appropriés [96 et 97].

II.2.7. Extraction des huiles essentielles

➤ Hydrodistillation :

Ce mode a été proposé par GARNIER en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les huiles essentielles et pouvoir les séparer à l'état pur. Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli d'eau et ensuite porté à ébullition, les vapeurs hétérogènes vont se condenser sur une surface froide et l'huile essentielle sera alors séparée par différence de densité [98]. Si la densité de l'huile essentielle que l'on veut obtenir est très voisine de celle de l'eau on utilise un solvant organique (di éthyle éther, l'hexane, benzène,...) pour les séparer.

Chapitre II :

Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériaux et techniques expérimentales

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire pédagogique N°14, bloc 10 de la faculté de technologie, de l'Université Abderrahmane Mira de Bejaia. L'objectif de ce chapitre est consacré à la présentation des matériaux utilisés, les différents protocoles expérimentaux suivis, ainsi que les différentes techniques de caractérisation.

II.1. Matériaux et produits :

II.1.1. Matériaux végétaux :

- **Algue brune (vivante, morte)** : cette étude a porté sur *Laminaria digitata*, une espèce d'algue brune de la famille des *Laminariaceae*, les échantillons de *Laminaria digitata* ont été récoltés en littoral de Bejaïa (région « Ach el baz ») à la fin du mois d'avril 2023.

- ***Schinus molle*** : Les échantillons du *S. molle* ont été pris selon leurs disponibilités dans la région de Bejaïa durant la fin du mois de Mai. On récolte les feuilles et les baies au niveau de l'université d'ABDERAHMANE Mira de Bejaïa -campus Targa Ouzemour-

II.1.2. Produit chimique :

II.1.2.1. PVC :

Le sigle PVC désigne une matière plastique particulière. Cela signifie en français Polychlorure de Vinyle. C'est un matériau qui est issu de la polymérisation du Chlorure de Vinyle sa formule moléculaire est C_2H_3Cl , masse moléculaire : 390.6 g/mole.

Le PVC reste l'une des matières plastiques les plus utilisées dans le monde, grâce à ses qualités de longévité, de facilité de production et de mise en œuvre.

II.1.2.2 L'alginate de sodium :

L'alginate de sodium utilisé dans cette étude a été fourni par Sigma-Aldrich (USA), extrait d'algue brune sous forme de poudre de couleur entre un blanc et le beige claire. Il est sans saveur ni odeur et très soluble dans l'eau.

- Protocole d'extraction :

1- Les algues sont lavées plusieurs fois à l'eau puis rincées à l'eau distillée de façon à retirer d'éventuelles impuretés (sel,...). Les algues sont ensuite séchées dans étuve à 40°C et

broyées en poudre puis conservées dans des bocaux en verre recouverts de papier d'aluminium.



Figure 10 : Algue *Laminaria digitata* morte séchée et broyée.



Figure 11 : Algue *Laminaria digitata* vivante séchée et broyer.

- 2- (20g) de poudre d'algue sont plongées dans un bain de 400ml d'éthanol. Le mélange a été agité vigoureusement pendant 48h sous agitation magnétique (sans source de chaleur) puis filtrer le mélange et stockées à l'abri de la lumière, suivi d'une centrifugation (6000 rpm, 10min).
- 3- Mettez 10g de chlorure de calcium (CaCl_2) dans un bain de 200ml d'eau distillé à une température $T=60^\circ\text{C}$ pendant 2h.
- 4- 400ml d'extrait alcoolisé d'algue sont immergée dans une solution de 3.36g de carbonate de sodium (Na_2CO_3). Le mélange réactionnel est agité pendant 5h à un agitateur magnétique dont la vitesse de rotation peut être réglée finement.
- 5- les 200ml de solution (eau distillé, CaCl_2) sont versés dans les 400ml de jus de carbonatation puis homogénéisés.
- 6- Evaporer le mélange à une température inférieure à la température d'ébullition puis récupérer les alginates.
- 7- Les alginates sont ensuite séchés dans l'étuve puis broyer en poudre.

II.1.2.3. Huile essentielle :

- Protocole d'extraction :

A l'aide d'un dispositif d'extraction type Clevenger, une extraction par hydrodistillation fractionnée a été menée au niveau du laboratoire de génie des procédés. Cette technique d'extraction se base sur le pouvoir que possède la vapeur d'eau à transporter les phases volatiles extraites du matériel végétal. L'opération consiste à introduire une masse végétale de la plante dans un ballon en verre de 2000ml en y ajoutant une quantité suffisante d'eau distillée sans pour autant le remplir pour éviter les débordements de l'ébullition (**tableau III**). L'appareil est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon. Les vapeurs chargées en huiles essentielles passent à travers le tube vertical puis dans le réfrigérant où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans une ampoule à décanter qui permettra la séparation de la phase aqueuse (Hydrolat) de celle organique (Huile) (**figure 13**), cette opération dure 3 heures à partir du début de l'ébullition. Les phases récupérées sont conservées dans des flacons stériles en verre à une température de (4°C).



(A)

(B)

Figure 12 : Montage réel d'hydrodistillation avec Clevenger : (A) *Schinus molle*, (B) *Algue brune*.

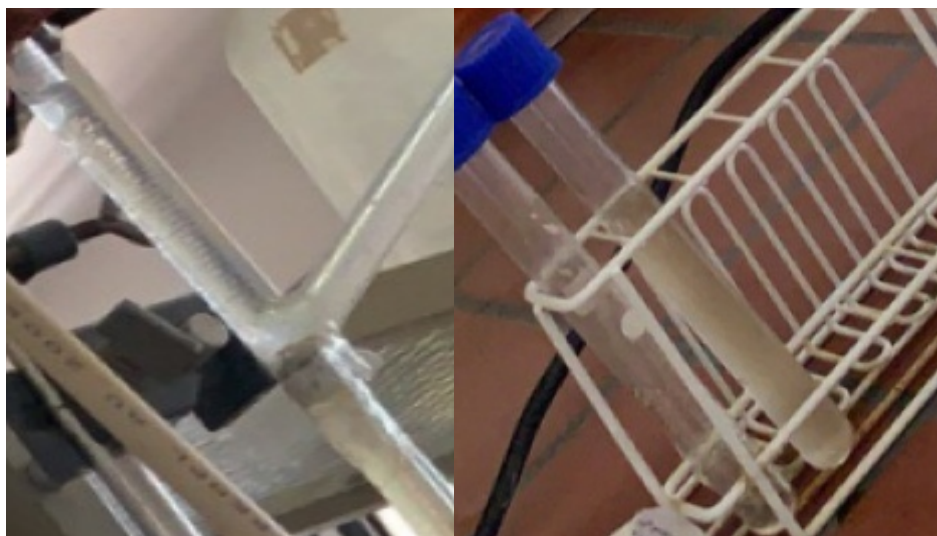


Figure 13 : Décantation de phase aqueuse et huileuse extraite du *Schinus molle*.

Tableau III : Condition opératoires de l'extraction par hydrodistillation.

Matériaux végétaux	<i>Schinus molle</i>	<i>Algue brune</i>
Masse de la matière végétale/volume d'eau	222g/ 1000ml d'eau distillée	50g/ 1000ml d'eau distillée
Température	98°C	98°C
Pression	Atmosphérique	Atmosphérique
Durée d'extraction	1h	5h

II.1.2.3.1. Rendements des extractions :

Ce rendement est calculé à partir du poids de l'huile essentielle par rapport au poids sec de la masse végétale utilisée pour l'hydrodistillation, soit :

$$R\% = (m_{\text{huile}}/m_{\text{plante}}) \times 100$$

Où : R : rendement en huile essentielle (%)

m_{huile} : Masse de l'huile essentielle extraite (g).

m_{plante} : Masse de la plante (g).

II.2. Protocoles Expérimentaux :

II.2.1. Formulations

Différentes formulations ont été élaborées à base d'alginate-Ca, de l'huile essentielle *Schinus molle* et du tétrahydrofurane. Les proportions de chaque formulation sont représentées dans (le tableau V) ci-dessous :

Tableau V: Compositions des différentes formulations.

produits formulations	Alginate (g)	PVC (g)	Tétrahydrofurane (ml)	Diocylphthalate (ml)	Tétraphenyl Borate Sodium (g)	Huile Essentielle « <i>Schinus molle</i> » (ml)
F1	-	5	90	-	-	-
F2	-			1	-	-
F3	-			0.1	-	-
F4	-				1	-
F5	-			1	-	1
F6	-			-	-	1
F7	1.6	-	10	-	-	-
F8	-	-	-	-	-	1

II.2.2. Préparation des films :

1- Mélange de PVC :

La préparation des films (en solution) est effectuée selon le mode opératoire suivant : On pèse 5g de PVC pour chaque formulation indiquée sur le tableau V (masse totale du mélange). On fait dissoudre le PVC dans 90 ml de tétrahydrofurane, sous agitation constante à température ambiante jusqu'à la dissolution complète dans un bécher. Une fois dissout versé la solution dans des boîtes de pétris comme suite :

- Boîte pétri (1) : solution témoin
- Boîte pétri (2) : ajouter d'huile essentielle de *Schinus molle*,
- Boîte pétri (3) : ajouter Dioctylphthalate,

Puis ajouter 0.1g de Tetraphenyl borate sodium au reste du mélange pour plastifier les films et on laisse agité encore 15 minutes. Une fois le mélange s'homogénéise, on verse dans des boîtes pétris comme suite :

- Boîte pétri (4) : contient que de Tetraphenyl borate sodium,
- Boîte pétri (5) : contient que de Tetraphenyl borate sodium et Dioctylphthalate,
- Boîte pétri (6) : mélange contient de Tetraphenyl borate sodium, Dioctylphthalate et huile essentielle de *Schinus molle*,

Et laissé sécher pendant 24 h à température ambiante, puis les films sont récupérés et stockés dans des sachets hermétiquement fermés.

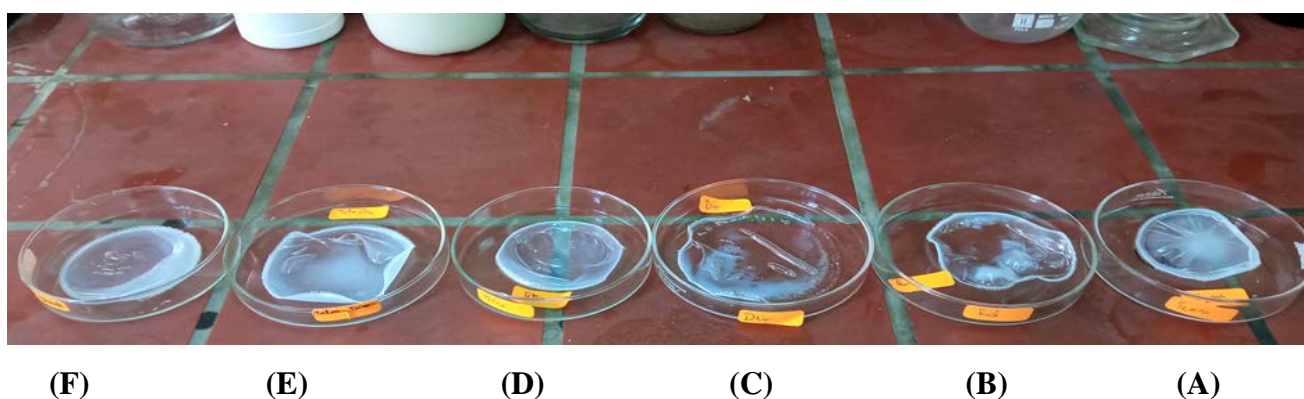


Figure 14 : les films obtenus : (A) témoin, (B) avec Huile Essentielle, (C) Dioctylphthalate, (D) Tetraphenyl Borate Sodium, (E) Dioctylphthalate + Tetraphenyl Borate Sodium, (F) Mélange.

2- Mélange d'alginate :

La préparation des films (en solution) est effectuée selon le mode opératoire suivant : On pèse 1.6g d'alginate pour chaque formulation indiqué sur le tableau 4 (masse totale du mélange). On fait dissoudre l'alginate dans 10 ml de tétrahydrofurane, sous agitation constante à température ambiante jusqu'à la dissolution complète dans un petit bécher. Une fois dissoute séparer le mélange puis verser dans les boîtes pétris :

- Boîte pétri (1) : solution témoin.
- Boîte pétri (2) : ajouter l'huile essentielle de *Schinus molle*.

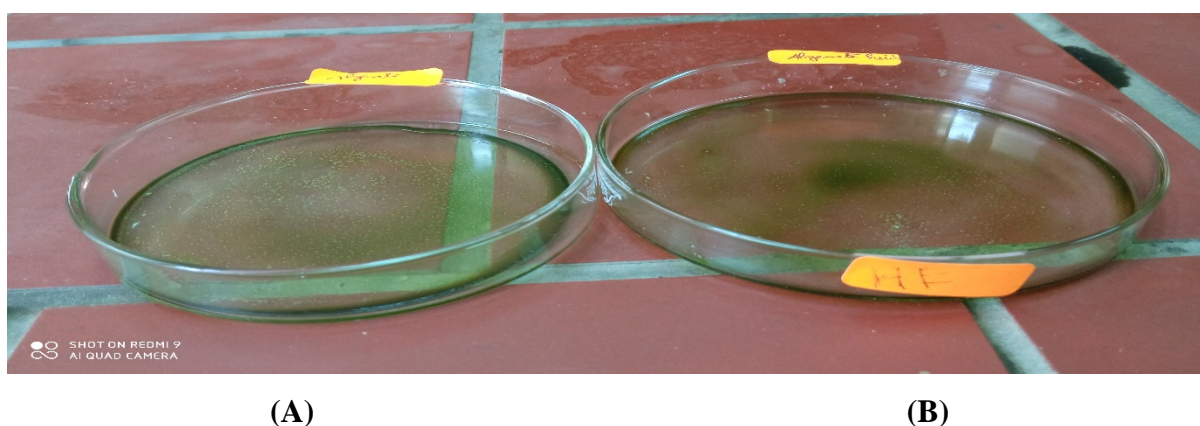


Figure 15 : les films d'alginate obtenus : (A) témoin (d'alginate), (B) avec l'huile essentielle de *Schinus molle*.

II.2.3. Souches bactériennes :

Deux souches bactériennes ont été utilisées, l'une à gram positif (*Staphylococcus Aureus*) et l'autre à gram négatif (*Escherichia Coli*). Ces souches ont été fournies par le laboratoire de microbiologie de l'université de Bejaia. Les références des souches bactériennes testées sont numérotées sur le tableau IV.

Tableau IV : Références des souches bactériennes testées

Souches bactériennes	<i>Staphylococcus Aureus</i>	<i>Escherichia Coli</i>

- **Préparation du milieu de culture des bactéries :**

Mode opératoire : le milieu de culture choisis pour l'incubation des souches bactérienne choisis est un milieu standard Muller Hinton dit MH. Pour la préparation de ce milieu de culture nous avons opté pour la méthode détaillée par [99].

➤ **Les étapes de préparation de milieu de culture :**

Pour préparer le milieu bactérien,

-Il faut noter que entre chaque addition de produits il faut mettre 200 ml d'eau distillée, dans un Erlenmeyer mettre sur l'agitateur magnétique avec source de chaleur 200 ml d'eau distillée et 76g d'agar agar attendre jusqu'à dissolution et enfin compléter jusqu'à 2000ml avec l'eau distillée, la solution obtenue est un gel de couleur miel que nous devons le versé dans des bouteilles et les mettre dans l'autoclave pour la stérilisation.



Figure 16 : étape de préparation de la gélose

-Il faut noter que entre chaque addition de produits il faut mettre 50ml d'eau distillée, dans un Erlenmeyer mettre sur l'agitateur magnétique sans source de chaleur 50ml d'eau distillée et 4g de Nutrient Broth attendre jusqu'à dissolution et enfin compléter jusqu'à 500ml avec l'eau distillée laisser agiter pendant 15min. la solution obtenue est un gel de couleur jaune que nous

devrons le versé 20ml dans chaque tubes à essais et les mettre dans l'autoclave pour la stérilisation.



Figure 17 : étapes de préparation de Nutrient Broth

Avant l'usage, les échantillons à tester en forme de disque ($\phi=5\text{mm}$) ont été stérilisés dans un autoclave à 120°C , pendant 20 minutes environ. Les milieux de culture préparée auparavant sont chauffés à 100°C dans un bain pour dissoudre la gélose puis et on laisse refroidir jusqu'à 60°C environ, température à laquelle la gélose reste fluide. Ensuite quelque 15 à 20 ml de milieu gélosé fondu sont coulés sur les boîtes pétris stériles, laisser les entrouvertes, jusqu'à ce qu'elles soient solidifiées. [100]

II.2.4. Détermination de DI (diamètre d'inhibition)

Evaluation l'activité antibactérienne des films à base de huile de *Shinus molle* selon la méthode de diffusion en milieu gélosé (antibiogramme) Cette technique repose sur l'apparition d'une zone d'inhibition dans le milieu de culture deux souches bactériennes : *Escherichia Coli* et *Staphylococcus Aureus* autour du bio-polymère déposer.

II.3. Techniques de caractérisation :

Dans cette partie on s'intéressera à la description des différentes méthodes de caractérisation de nos échantillons alcoolisés, l'huile essentielle de *Schinus molle* et de nos films.



Figure 18 : Des boîtes pétries gélosées

L'ensemencement consiste à tremper un écouvillon de coton stérile dans la suspension puis le frotter après l'avoir essoré à l'intérieur du tube, à trois reprises sur la totalité de la surface gélosée de façon à former des stries serrées, en tournant la boîte à environ 60° après chaque application pour obtenir une distribution égale de l'inoculum. (**Figure 19**)



Figure 19 : l'ensemencement des boîtes gélosées.

Staphylococcus Aureus à Gram positif (6726TSB) et *Escherichia Coli* à Gram négatif (O157/H7) ont été utilisé [100], dans chaque boîte de pétri mettez au milieu de petit morceau de nos films préparé. Il est important d'inscrire (type de gélose, de souche, date de préparation....) sur les boîtes pétris renfermant la gélose et non sur leur couvercle.

Les boîtes pétries ont ensuite été incubés à 37 °C pendant 24h et les nombreux bactériens ont été effectués après incubation. Les zones d'inhibition apparaissent en clairs autour des disques et signifient que la croissance des bactéries a été inhibée dans ces régions.

Tandis que les zones sombres autour des disques ou zones de stimulation signifient que la croissance de la bactérie dans ces régions a été stimulée [101].

II.3.1. Spectroscopie infrarouge a transformé de Fourier (IRTF)

L'obtention d'un spectre infrarouge (IRTF) peut se faire selon deux modes : par transmission, pour les échantillons transparents ou par la réflectance totale atténuée (ATR en l'anglais : Attenuated Total Réflectance)) pour les échantillons opaques ou épais. La spectroscopie infrarouge est une technique d'analyse utilisée pour l'identification des groupements fonctionnels qui apparaissent sous forme de bande d'absorption. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre de type SHIMADZU FTIR -8400 S, piloté par un ordinateur muni d'un logiciel de traitement avec une résolution de 4 cm⁻¹ dans l'intervalle 400-4000 cm⁻¹ avec un nombre de scans de 32.

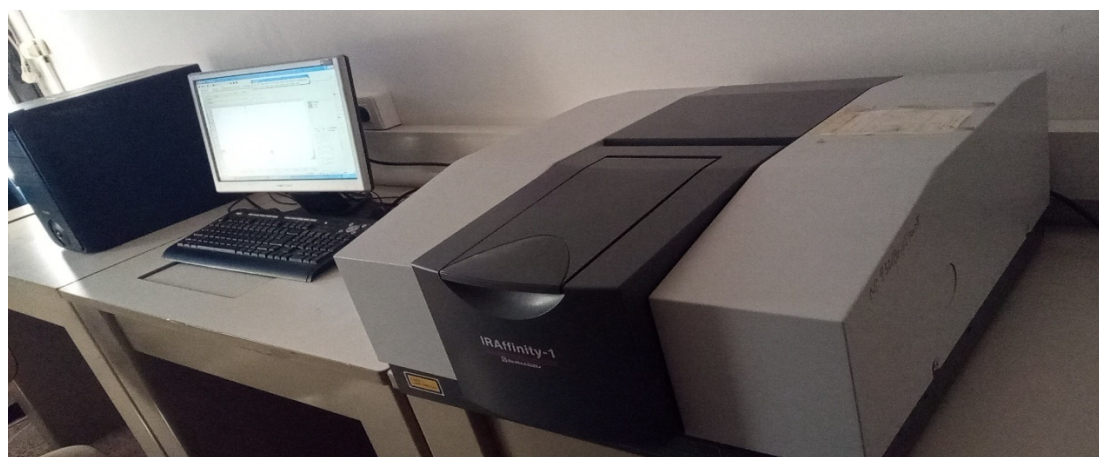


Figure 20: Photo du spectrophotomètre infrarouge.

II.3.2. Microscope optique (MOP) :

L'étude morphologique des matériaux synthétisés a été examinée par microscope optique. Cette partie du travail permet d'analyser, d'observer et de dimensionner en couleurs réelles d'alginate après l'extraction. Les observations ont été réalisées à l'aide d'un microscope

optique Olympus SC40 équipé d'une caméra numérique permettant l'acquisition des images obtenues.

Chapitre III :

Résultats et discussions

Afin d'explorer les propriétés mécaniques, thermiques et morphologiques de nos films réalisés à base d'alginate, une série de techniques de caractérisation telles que la spectroscopie Infra-Rouge à Transformée de Fourier (FTIR), le microscope optique (MOP) et le test antibactérien ont été entreprises. Ces méthodes de caractérisations s'avèrent complémentaires, permettant de comprendre au mieux les interactions se manifestant au sein de nos composites.

III.1. Rendements des extractions d'huiles essentielles :

- **Pour *Schinus Molle* :**

Le rendement maximal en huile essentielle de la partie aérienne (les feuilles, fleur graines,) du *S. Molle*, nous avons obtenu un rendement maximal qui atteint les 6.8% en huiles essentielles extraites du global de la partie aérienne (les baies) de la plante, alors que Asma Ennigrou, et al (2011) ont obtenu 1.06% extraite des feuilles des souches de Tunisie, et Rekia Belemassoud et al (2013) ont obtenu 1.9996% d'huile extraite des feuilles seulement au OURGLA comme présente le tableau VI

Tableau VI : Les valeurs des rendements expérimentaux et ceux donnés par la littérature.

Rendement (%)	Tunisie [102]	OUARLA [103]	Bejaïa
Huile du <i>S. Molle</i>	1.06%	1.9996%	6.7567%

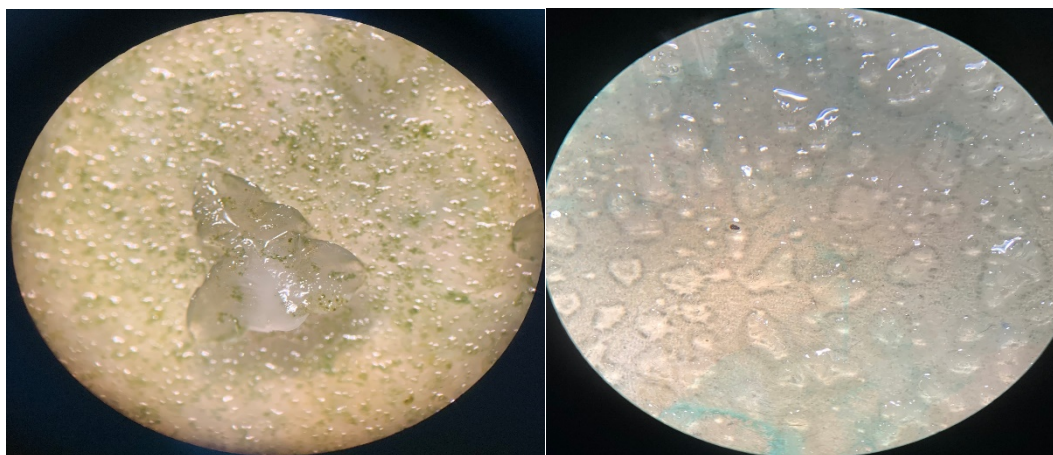
- **Pour les *algues brunes* :**

Le rendement en huile essentielle de la partie aérienne d'algue brune (*laminaria digitata*), nous avons obtenu un rendement tant vers zéro.

III.2. Microscope optique (MOP) :

Les micrographies de la structure externe des échantillons des cristaux ont été obtenues par la technique de métallisation sur un microscope optique électronique Olympus SC40 équipé d'une caméra numérique permettant l'acquisition des images obtenues. Les micrographies obtenues sur les cristaux d'alginate-Ca séchées à l'étuve présentent une surface lisse (figure 21). Ces alginates ont beaucoup réagis avec les algues vivantes plus avec les algues mortes. Les alginates sont plus cristallisés dans les plantes (algues) vivantes que dans les plantes (algues) mortes.

Les alginates provenant d'algues vivantes sont de meilleure qualité, avec une teneur plus élevée en acide alginique et des propriétés gélifiantes plus puissantes. Les alginates extraits d'algues mortes peuvent être de qualité légèrement inférieure en raison de la dégradation des algues. Cependant, la qualité des alginates dépend également du processus d'extraction et de purification utilisé, indépendamment de l'état des algues. Des techniques d'extraction et de purification avancées peuvent maintenir la qualité et les propriétés des alginates, qu'ils proviennent d'algues vivantes ou mortes.



(A)

(B)

Figure 21 : Photos numériques des cristaux d'alginates-Ca : (A) à partir des algues vivantes, (B) à partir des algues mortes.

III.3. Spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier :

Avant de commencer le traitement des résultats des films obtenus, on a traité les résultats d'huile essentielle *S. Molle* pour obtenir les résultats d'absorption en fonction de nombre d'onde.

III.3.1. Spectre IRTF des extraits alcoolisés : sont représentés sur la figures suivantes :

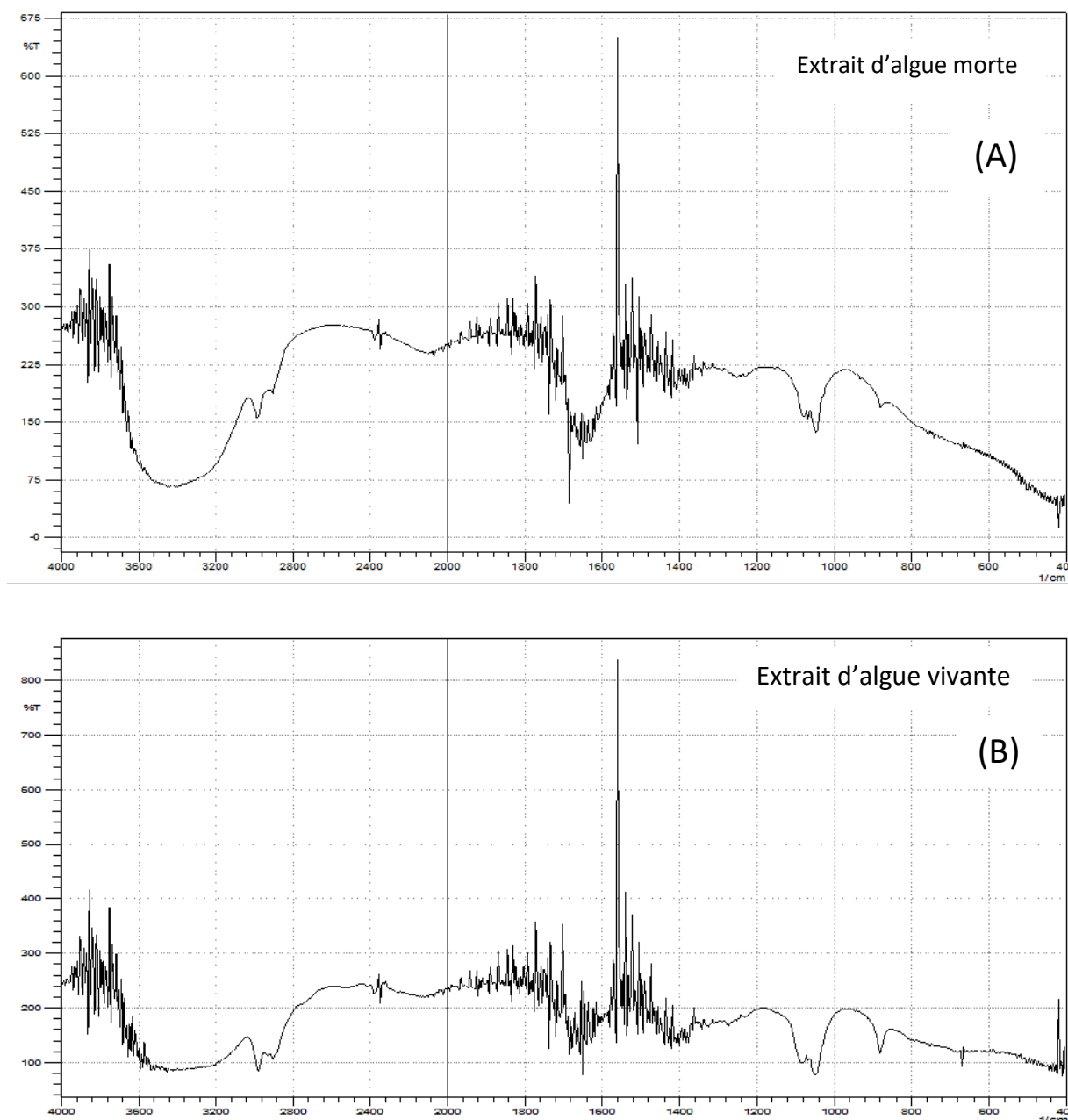


Figure 22: Spectre IRTF des extraits alcoolisés : (A) extrait d'algue morte ; (B) extrait d'algue vivante.

III.3.2. Spectre IRTF d'huile essentielle de *Schinus Molle* : Est représenté sur la figure suivante :

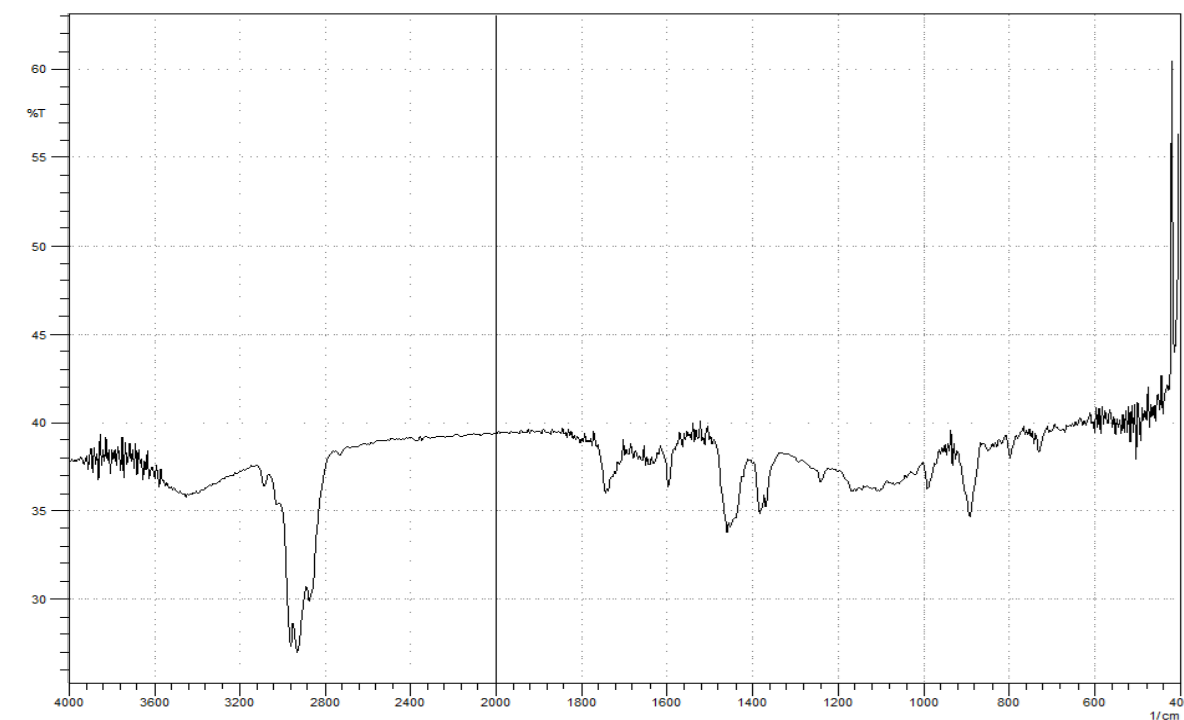


Figure 23 : Spectre IRTF de l'huile essentielle de *Schinus Molle*.

III.3.3. Spectre IRTF de film d'alginate : Est représenté sur la figure suivante :

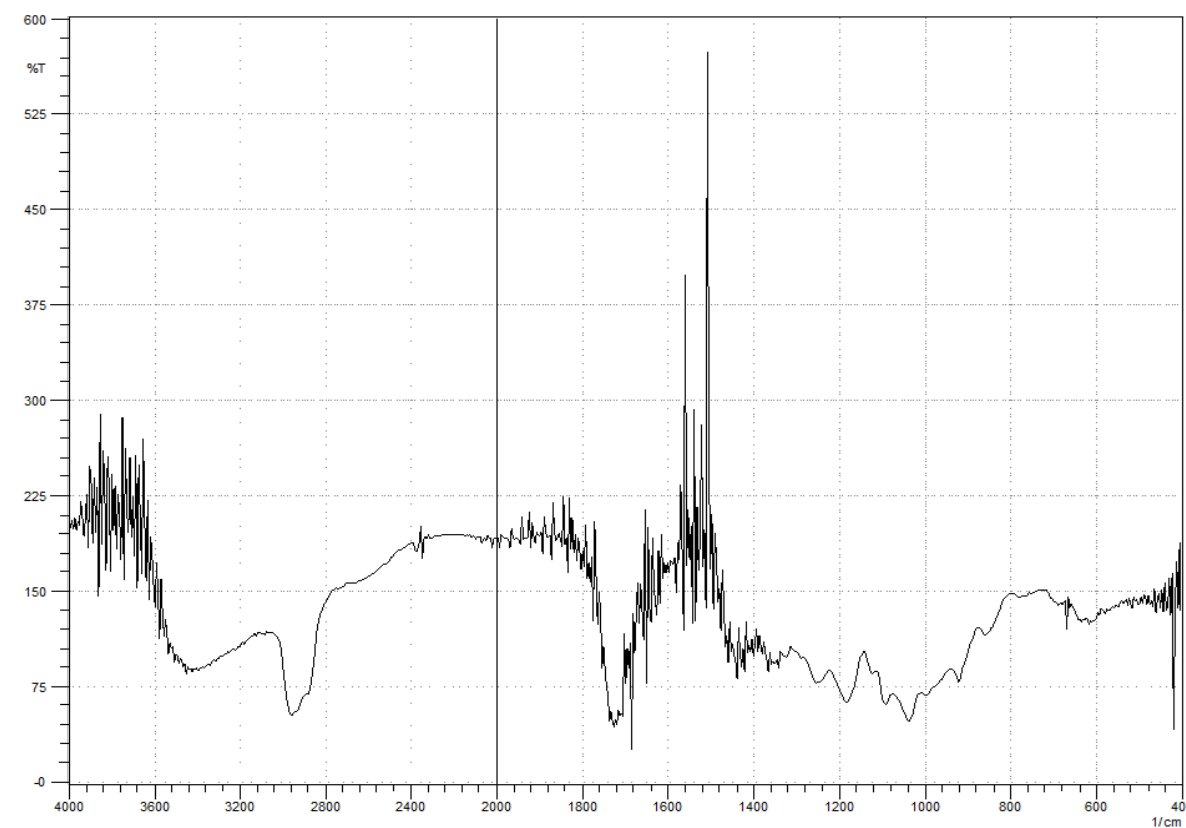


Figure 24 : Spectres IRTF de film alginate-Ca

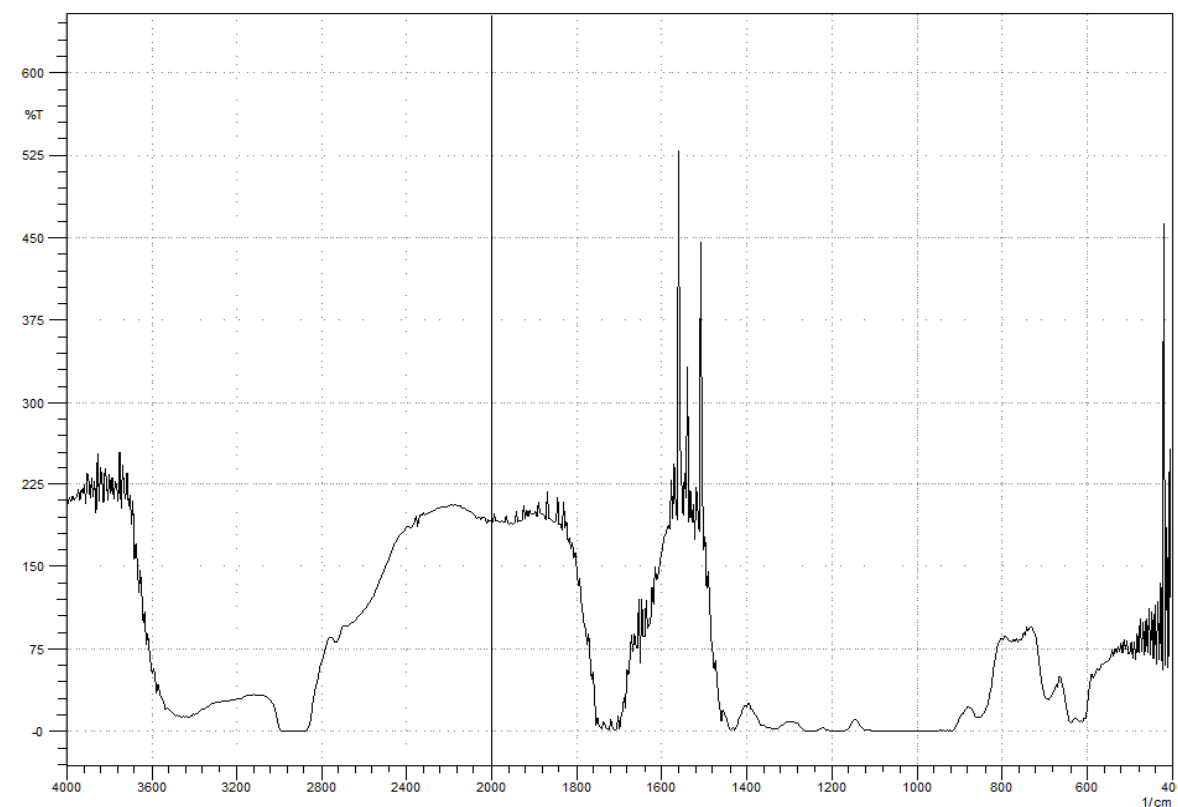


Figure 25 : Spectres IRTF de film d'alginate + HE *Schinus Molle*

III.3.4. Spectre IRTF des films PVC: sont représentés sur les figures suivantes :

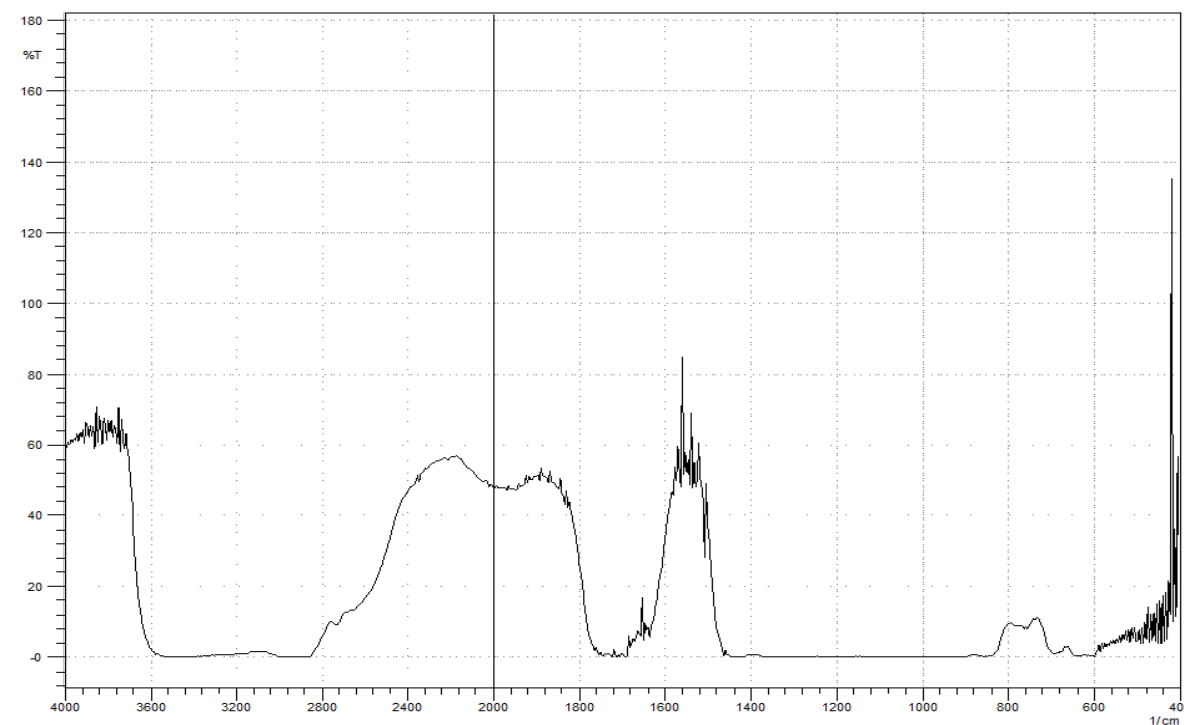


Figure 26 : Spectres IRTF de film PVC

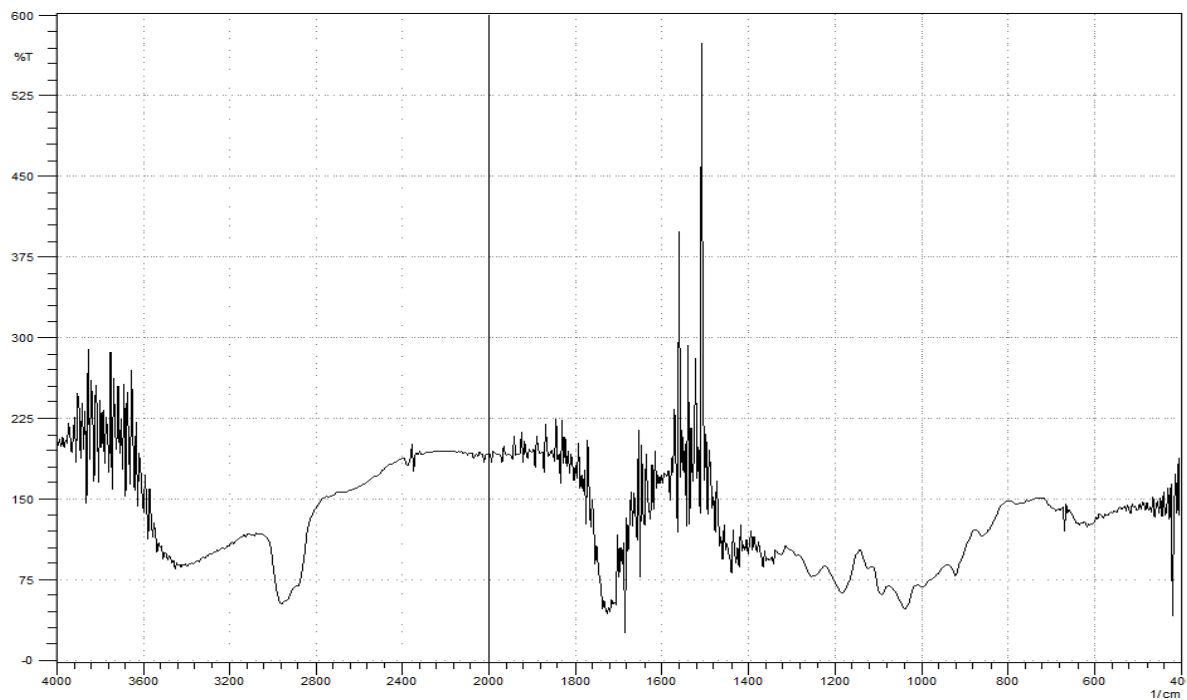


Figure 27 : Spectres IRTF de film PVC + HE *Schinus Molle*.

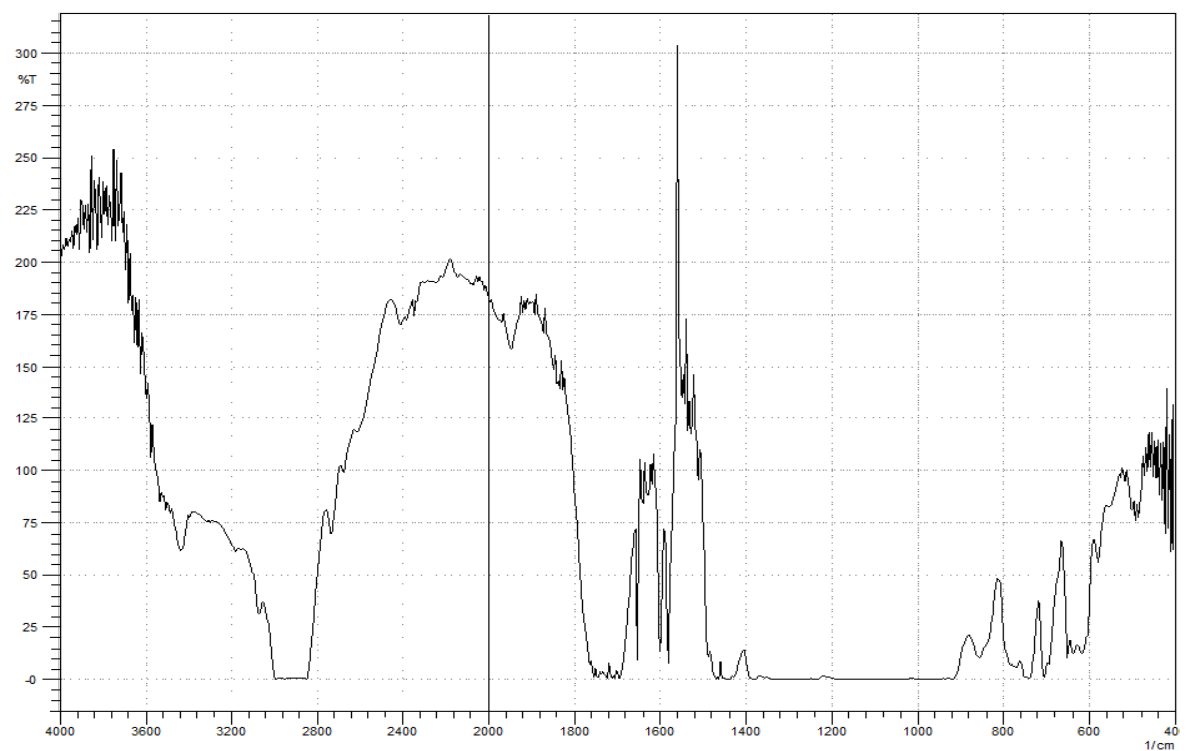


Figure 28 : Spectres IRTF de film PVC + Dioctylphthalate

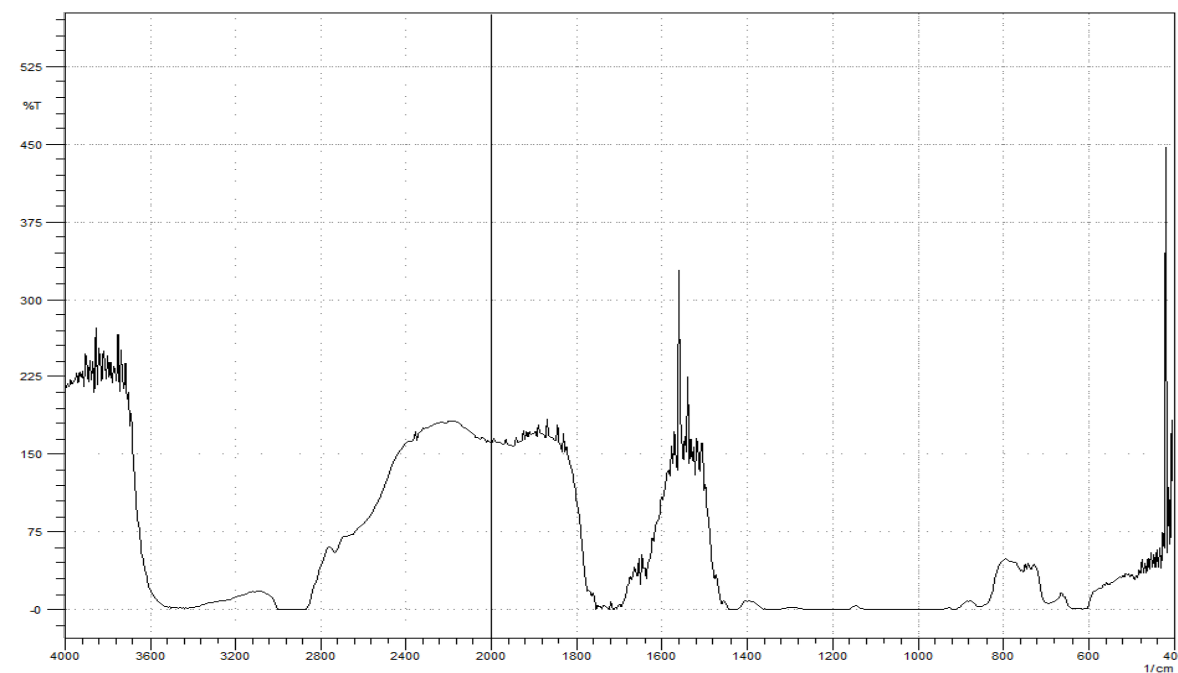


Figure 29 : Spectres IRTF de film PVC+ Tetrphenyl borate sodium.

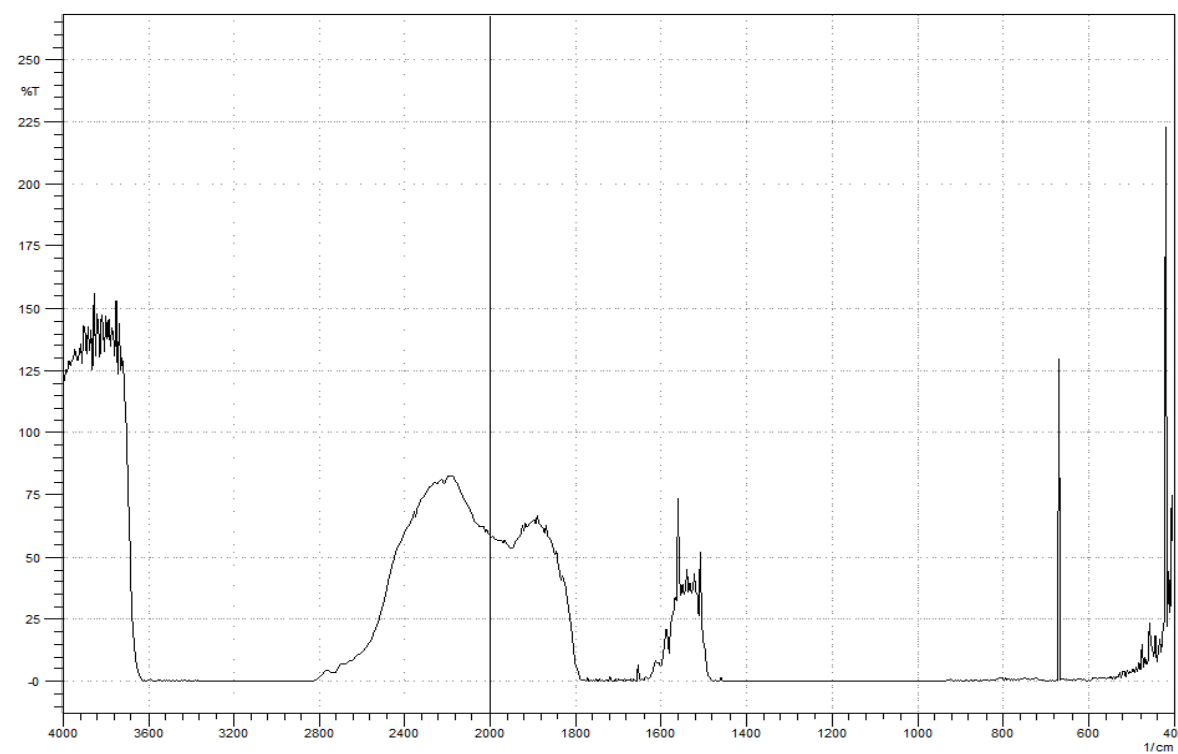


Figure 30 : Spectres IRTF de film PVC+ Tetrphenyl borate sodium + Dioctylphthalate

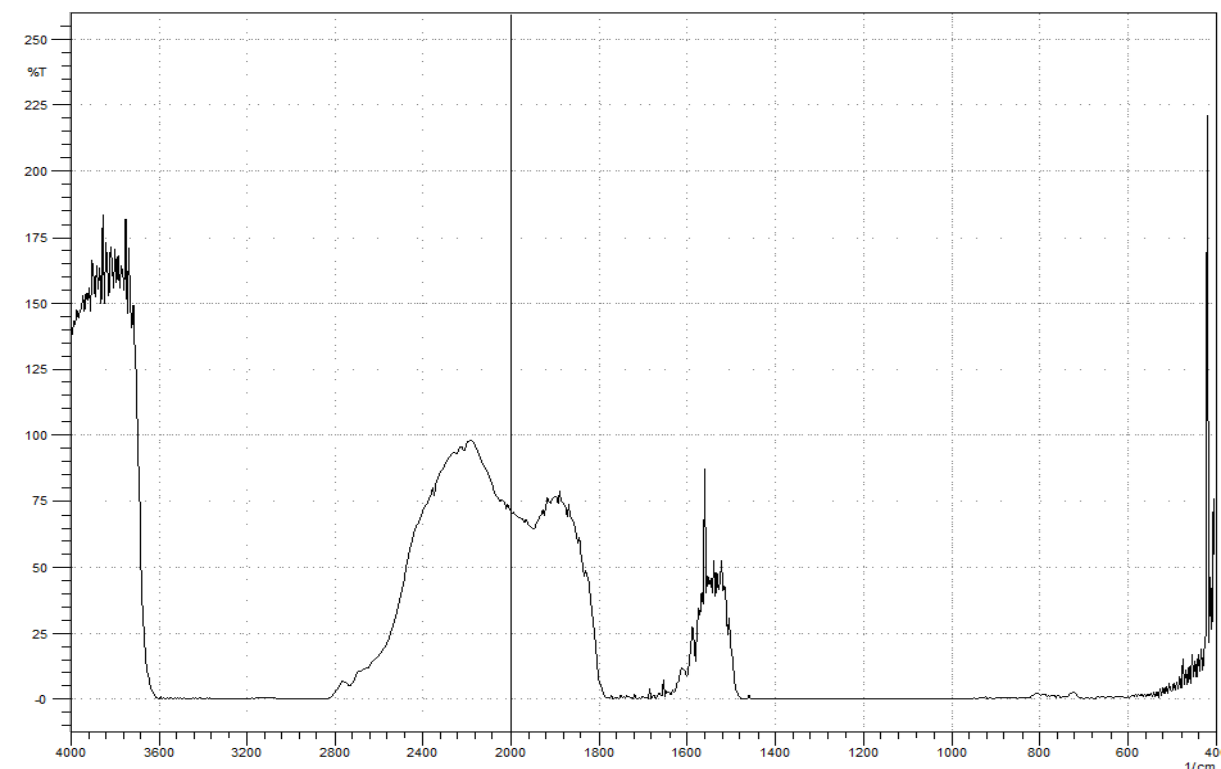


Figure 31 : Spectres IRTF de film Mélange (PVC + HE *Schinus Molle* + Dioctylphthalate + Tetraphenyl borate sodium)

Tableaux VII : interprétations des résultats des films obtenus

Nombre d'onde (cm-1)	Type de liaisons ou groupements chimique	Intensité	Echantillons
1000	C-O-C (cycle)	Moyenne	Huile essentielle <i>Schinus Molle</i>
1440-1500	C=C (aromatique)	moyenne	
3250-3600	O-H liée (alcool)	Large	
2800-3040	C-H (alcane)	Forte	
1700-1740	C=O (ester)	Moyenne	
880	C-O (alcool)	Moyenne	
600-850	C-H (aromatique)	Faible	
950	C-H (aromatique)	Faible	
1050-1150	C-O (alcool)	Forte	

1600-1710	C=O (acide)	Forte	Les extraits d'algues (vivante, morte)
2800-3000	C-H (alcane)	Moyenne	
3000-3700	O-H libre (alcool)	Large	
2400	O-H (acide carboxylique)	intense	
3200-3600	O-H liée (alcool)	Large	Film d'alginate
2810-3000	C-H (alcane)	Forte	
1100-1240	C-O (alcool)	Moyenne	
1700-1740	C=O (ester)	Forte	
1000-1160	C-C alcane)	Moyenne	
600-950	C-H (aromatique)	Large	
3200-3600	O-H liée (alcool)	Large	Film d'alginate + HE <i>Schinus Molle</i>
2800-3040	C-H (alcane)	Forte	
1700-1740	C=O (ester)	Forte	
1400-1450	C-O (ester)	Moyenne	
600-800	C-H (aromatique)	Forte	
2800-3000	C-H (alcane)	Large	Film de PVC
1650-1730	C=O (alcane)	Large	
1600-1680	C=C (alcène)	Moyenne	
600-800	C-H (aromatique)	Large	
3200-3600	O-H libre (alcool)	Large	Film de PVC + HE <i>Schinus Molle</i>
2800-3000	C-H (alcane)	Forte	
1700-1750	C=O (ester)	Forte	
1200-1250	C-C (alcane)	Moyenne	
1000-1100	C-O-C (cycle)	Moyenne	
3300-3500	O-H liée (alcool)	Intense	Film de PVC + Diocetylphthalate
1400-1500	C=C (aromatique)	Large	

600-950	C-H (aromatique)	Forte	
2800-3040	C-H (alcane)	Forte	
1650-1700	C=O (amide)	Forte	
2800-3000	C-H (alcane)	Large	Film de PVC + Tetraphenyl borate sodium
2700-2780	C-H (aldéhyde)	Moyenne	
1650-1700	C=O (cétone)	Intense	
1400-1500	C=C (aromatique)	Moyenne	
600-800	C-H (aromatique)	Large	
2700-2780	C-H (aldéhyde)	Moyenne	Film de PVC +Dioctylphthalate + Tetraphenyl borate sodium
1650-1700	C=O (cétone)	Moyenne	
1600	C=C (aromatique)	Faible	
1620-1680	C=C (alcène)	Large	Film de PVC +Dioctylphthalate + Tetraphenyl borate sodium + HE <i>Schinus Molle</i>
1600	C=C (aromatique)	Intense	
2750-2780	C-H (aldéhyde)	Moyenne	
600-800	C-H (aromatique)	Faible	

D'après les résultats des analyses infrarouges, nous pouvons conclure que y'a une interaction entre l'alginate et l'huile essentielle *Schinus Molle* conduisant à une bonne compatibilité, et une interaction entre le PVC et l'huile essentielle *Schinus Molle*.

III.4. Tests antibactériennes :

L'examen des différentes boîtes de Pétri a révélé la présence halo d'inhibition autour des disques imbibés par les différents films à base d'alginate et à base de PVC pour les diverses souches testées, ils se sont révélés actifs vis-à-vis les souches bactériennes avec des diamètres d'inhibition variant de 0 à 22.6 mm (tableau VIII) qui sont bien apparentes sur les figure 32 et 33

Les résultats d'activité antibactérienne des films + huiles essentielles de *Schinus Molle* révèlent aussi des diamètres apparents sur la figure 34 et 35 variant entre 13.66 mm et

17.66.mm.

Les résultats d'activité antibactérienne de film mélange (HE+DIO+TETRA) à base de PVC relève aussi le diamètre apparent sur la figure 36 variant entre 9.66 et 17 mm

Tableau VIII: Tableau des résultats de l'activité biologiques.

	Diamètre d'inhibition (mm)	
	<i>E. Coli</i>	<i>Staphylococcus Aureus</i>
Film à base d'alginate	24	22.66
Film à base de PVC	0	6
Film à base d'alginate + HE de <i>S.Molle</i>	15.5	15
Film à base de PVC +HE de <i>S.Molle</i>	13.66	17.66
Film Mélange (HE + DIO + TETRA) à base de PVC	9.66	17

La sensibilité ainsi que la résistance des bactéries testées aux différents antibiotiques sont représentées dans la figure suivant :

E. Coli

Staphylococcus Aureus

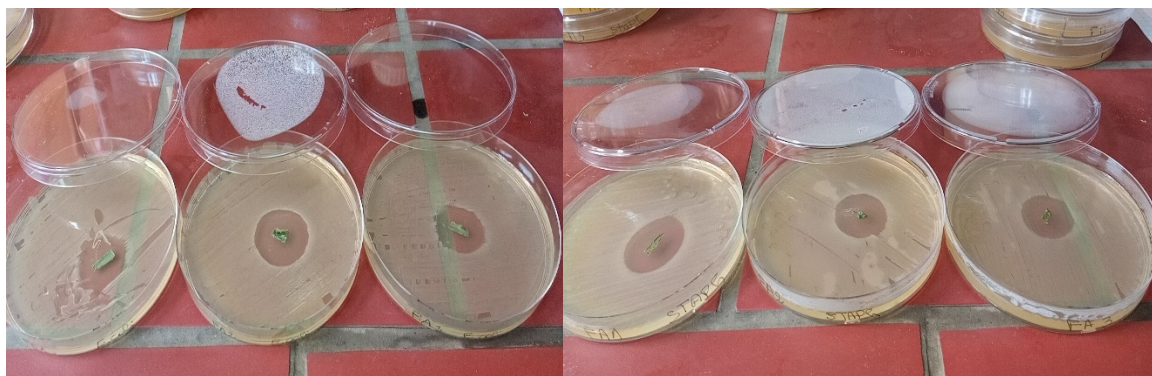


Figure 32 : Expression de l'activité des films à base d'alginate sur quelques souches bactériennes testées (la zone inhibitrice)

E. Coli

Staphylococcus Aureus

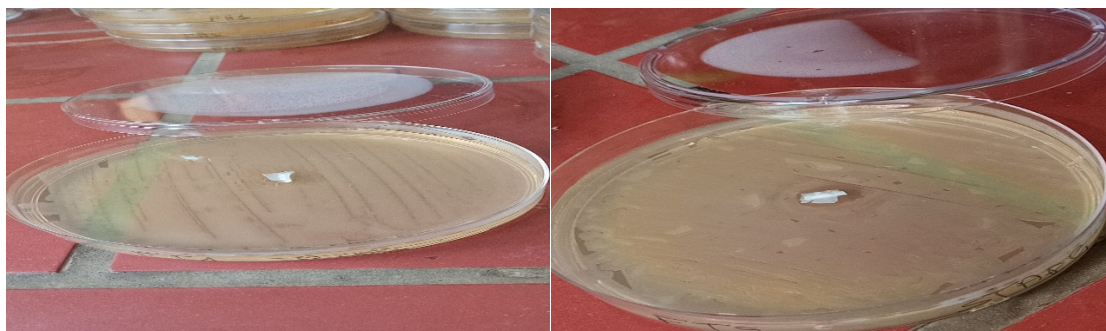


Figure 33 : Expression de l'activité des films à base de PVC sur quelques souches bactériennes testées (zone inhibition)

E. Coli

Staphylococcus Aureus

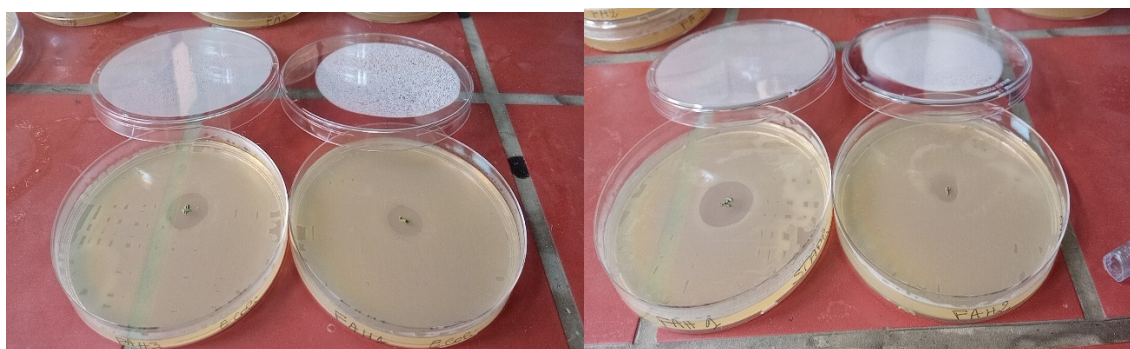


Figure 34 : Expression de l'activité des films à base d'alginate +HE de *S.Molle* sur quelques souches bactériennes testées (zone inhibition)

E. Coli

Staphylococcus Aureus

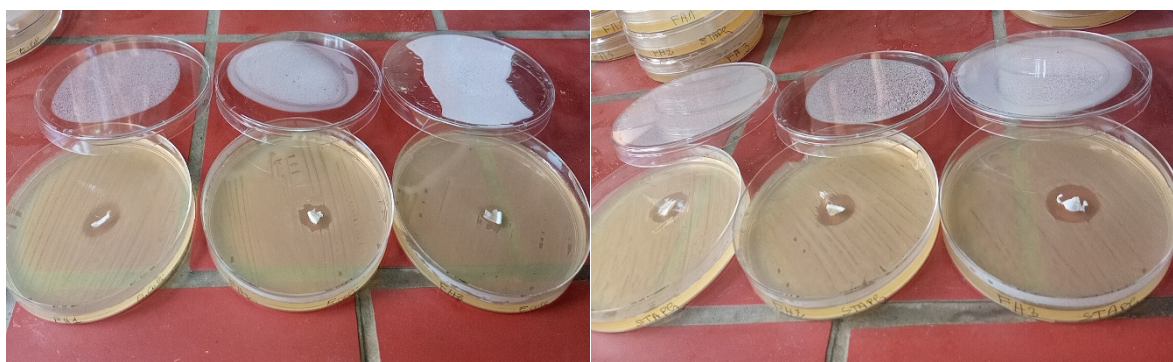


Figure 35 : Expression de l'activité des films à base de PVC + HE de *S. Molle* sur quelques souches bactériennes testées (zone inhibition)

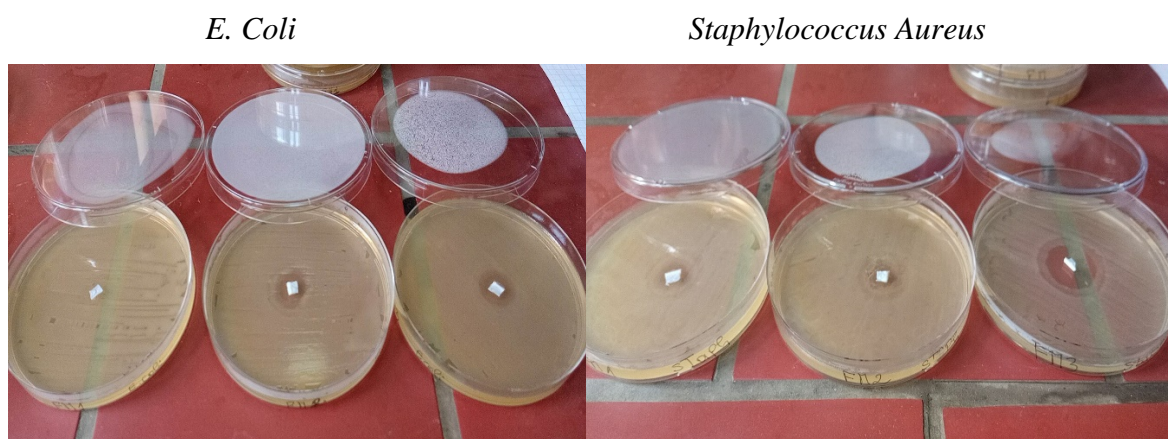


Figure 36 : Expression de l'activité des films mélange (HE+DIO+TETRA) à base de PCV sur quelques souches bactériennes testées (zone inhibition)

D'après la figure 32 et la figure 34, on remarque que les films préparés avec l'alginate /HE *S. molle* montrent des zones claires d'inhibition qui marquent la sensibilité de la bactérie à gram positif (*Staphylococcus Aureus*) et de la bactérie à gram négatif (*Escherichia Coli*) vis-à-vis de l'huile essentielle *S. molle*. Les diamètres des zones d'inhibition varient.

Les principes actifs de l'huile essentielle de *Schinus molle* sont très nombreux, on a les mono-terpènes : Mycènes, pinènes, phellandrènes, limonènes, et les sesquiterpènes : caryophyllées, cadinène. Les mono-terpènes avec son pouvoir à traverser la paroi bactérienne, semble être la base de son activité biologique. [104]

Même observation concernant l'alginate seule représenté par la figure 32, qui met aussi en évidence un effet inhibiteur sur les souches testées. Cette activité est due aux composants antimicrobiens actifs que contient l'alginate tels que les acides aminés.

Concernant l'échantillon N° 2 de PVC préparés avec 0%, 1% respectivement de l'huile essentielle et 1% de (dio + tetra + HE) représenté par la figure 33, la figure 35 et la figure 36, on remarque que les concentrations 0 et 1% de l'huile essentielle et 1% de (dio + tetra + HE) sont inactifs à l'égard de «*E. Coli*», qui se traduit par des zones d'inhibition faible. Par contre à l'égard de «*staphylococcus aureus*», enregistre une activité, légère mais bien réelle et évidente.

Conclusion

Conclusion :

Actuellement, L'utilisation des plantes médicinales dans l'industrie pharmaceutique suscite un intérêt considérable dans la recherche biomédicale.

Les algues sont une source riche de nutriments et de composés bénéfiques pour la santé. Elles sont riches en minéraux essentiels tels que l'iode, le calcium, le magnésium, le potassium et le fer. Les algues contiennent également plusieurs vitamines, des fibres alimentaires qui favorisent la digestion et la satiété, ainsi que des protéines végétales de haute qualité comprenant tous les acides aminés essentiels. En plus ils contiennent des composés antioxydants tels que les caroténoïdes, les flavonoïdes et les phycocyanines, qui protègent les cellules contre les dommages oxydatifs.

La poudre d'algue est obtenue grâce à un processus de séchage naturel, ce qui lui confère une stabilité et facilite son extraction.

Dans notre étude, nous avons réussi à obtenir un rendement en utilisant le procédé de macération pour l'extraction des principes actifs d'algue. Ensuite nous avons réalisé une extraction d'huile essentielle issue d'une plante de *Schinus molle* par hydrodistillation. Après avoir préparé la solution d'alginate obtenue avec le solvant organique « tétrahydrofurane », en ajoutant l'huile essentielle obtenue.

L'objectif de ce travail était l'élaboration et la caractérisation d'un bio-polymère à base d'alginate /huile essentielle *Schinus molle*. On a procédé d'abord à la caractérisation du matériau de base par plusieurs méthodes,

L'analyse structurale caractérisée par FTIR montre une interaction entre l'alginate et l'huile essentielle *Schinus molle* conduisant à une bonne compatibilité.

Un autre objectif essentiel de ce travail était l'étude de l'activité antimicrobienne des films contenant d'huile essentielle de *Schinus molle*. Des tests antibactériens qualitatifs nous ont permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien et antifongique de cinq formulations vis-à-vis de deux bactéries, une levure et un champignon. Ce pouvoir d'inhibition est lié à la présence de la concentration élevée d'huile essentielle et non aux agents stabilisants.

L'étude quantitative d'inhibition, par dénombrement, des bactéries pathogènes en fonction du temps et de la température de stockage en milieu solide, a permis de vérifier que les films incorporés par 1% d'huile essentielle présentent un effet bactéricide, avec un taux d'inhibition de 15.5% et de 15 % pour *E. Coli* et *S. Aureus*, respectivement.

Reference bibliographies:

[1]: Smit AJ. (2004). Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products. Journal

[2]: Paul VJ and Fenical W. (1987). Natural products chemistry and chemical defence in tropical marine algae of the Phylum chlorophyta. Bioorganism Mar Chem, 1: 1-29

[3]: Steinberg PD, Schneider Kjelleberg S. (1997). Chemical defences of seaweeds against microbial colonization. Bio degradation, 8: 211-20.

[4]: Lana DAOUD. (2021). L'utilisation des algues en pharmacie et pharmaceutique, mémoire

[5]: S. Sellimi, I Younes, H.B Ayed, H. Maalej, V. Montero, M. Rinaudo, M. Dahia, T. Mechichi, M. Hajji, M. Nasri. International Journal of Biological Macromolecules. 2015, 72: 1358- 6.

[6]: D. Bosscher, M. Van Caillie-Bertrand, H. Deelstra. Nutrition. 2001, 17: 614-618

[7]: Lionel Sambha'A, Contribution à l'étude de la structure et de la texture du PLA : effet de la dégradation hydrothermale, thèse de doctorat, Université de haut Alsace, 2011.

[8]: Rhim, J.W. et Perry, K.W. (2007). Natural biopolymer-Based Nanocomposite Films for Packaging Applications. Critical Reviews in Food Science and nutrition, 47(4), 411-433.

[9]: A. A. Kumar, K. Karthick, and K. P. Arumugam, "Properties of biodegradable polymers and degradation for sustainable development," Int. J. Chem. Eng. Appl., vol. 2, no. 3, pp. 164–167, 2011

[10]: Rabetafika Holy.N, Paquot M, Dubois PH (2006), Les polymères issus du végétal : matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2006 10 (3), 185 – 196 Université de Mons–Hainaut.

[11] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Polym%C3%A8re>

[12]: Lapointe R. (2012). Bioplastiques biodégradable, compostables et biosourcé pour les emballages alimentaire, distinctions subtiles mais significatives, thèse en vue d'obtention du grade de maître en environnement, Université de Sherbrooke, Québec, Canada.

- [13] : Avéros L, Eric .P, Environnemental Silicate Nano-Biocomposites, Biodégradable polymères chapter 2 p 16
- [14] : Thibaut G, (2013). Elaboration et caractérisation de matériaux multiphasiques à base de polylactide (PLA) et de polyhydroxyalcanoates (PHA), thèse de doctorat, 'École Nationale Supérieure des Mines de Paris
- [15] : Rabetafika Holy.N, Paquot M, Dubois PH (2006), Les polymères issus du végétal : matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique, Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2006 10 (3), 185 – 196 Université de Mons–Hainaut.
- [16] : Aimesther O.B (2008) Analyse extraction et poly-3-hydroxybutyrate présent dans la biomasse, Université du Québec à Montréal
- [17] : Carmen P, Djuikom.N, (2012), valorisation des fractions de la production d'éthanol de maïs en bioplastique, école de technologie, université de Québec
- [18] : (Mohammadi-Benaruiyeh et Sharif, Monsieur, 2021 ; Sharma et al. 2018) ; Effets de l'emballage actif à base de féculé de pomme de terre/nano oxyde de zinc/fenouil (*Foeniculum vulgare* Miller) Huile essentielle sur pistache fraîche pendant le stockage à froid ; Journal des noix 13(2) (2022) 105-123
- [19] D. P. Martin and S. F. Williams: Medical applications of poly-4-hydroxybutyrate: à strong Flexible absorbable biomaterial, Biochemical Engineering Journal, 16 (2003) 97-105.
- [20] B. Chen, T. Tang, S. Xu, X. Zhang and B. Hung, « Morphology, Tensile Strength and Thermal Behaviour of Isotactic Polypropylene/Syndiotactic Polystyrene Blends Compatibilized by SEBS Copolymers », Polymer Journal, Vol. 36, p 284-294, 2004.
- [21] K. S., Anderson, S. H. Lim, M. A. Hillmyer, "Toughening of poly (lactide) by melt blending with linear low-density polyethylene". Journal of applied polymer science, Vol.89, p3757-3768, 2003.
- [22] : Carmen P, Djuikom.N, (2012), valorisation des fractions de la production d'éthanol de maïs en bioplastique, école de technologie, université de Québec.
- [23] :Elyse.R (2004), les plastiques biosourcé présentent –ils moins d'impacts négatifs pour l'environnement que les plastiques issus de la pétrochimie ? Thèse en vue d'obtention de grade de maître en environnement, université Sherbrooke

- [24]: A. M. LARINVAL et J. HALLEUX. (2005) « Biodegradable polymers for industrial applications: Classification of biodegradable polymers». Woodhead Publishing. Cambridge, England. Pp : 5-31
- [25]: Lionel .S.A (2011), Contribution à l'étude de la structure et de la texture du PLA : Effet De la dégradation hydrothermale, thèse doctorat, université de Haute Alsace.
- [26]: R.Auras, B. Harte, S. Selke, An overview of polylactides as Packaging Materials. Macromol. Biosci. (2004)4:835-864.
- [27] : JARROUX N. (2008). « Les biopolymères : différentes familles propriétés et applications», université d'Evry Val d'Essonne», université d'Evry Val d'Essonne
- [28] : Ramade F., (2009). "Eléments d'écologie appliquée", 4ème édition, Edition Dunod, pp 689.
- [29]: Van den Hoek, C., Mann, D. G. & Jahns, H. M. (1995b). Heterokontophyta: Class Phaeophyceae (brown algae).In Algae.An introduction to phycology (Hoek, C. v. d., Mann, D. G. &Jahns, H. M., eds.), pp. 165-210. Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge.
- [30] : GarondLardiere, (2004).Etude structural des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsisarmata* .université de Bretagne occidentale
- [31]: Kloareg, B. &Quatrano, R. S. (1988). Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 26, 259-315.
- [32]: Markey, D. &Wilce, R. T. (1975). The ultrastructure of reproduction in the brown alga *Pylaiellalittoralis*. I. Mitosis and cytokinesis in the pluriloculargametangia. Protoplasma85, 219-241.360.
- [33]: West, J. A. (1967). *Pilayellalittoralis*F. *rupicola*from Washington: the life history in culture. J. Mol. Evol. 3, 150-153.
- [34]:MEER, et SPA/RAC-ONU Environnement/PAM, 2018. Programme national de surveillance de la biodiversité et les espèces non-indigènes marines en Algérie, Abdelhafid Chalabi. Ed SPA/RAC-Projet EcAp-Med II, Tunis, 167p.

- [35]: Isabelle GOUJON., (2004). Les Alginates : excipients d'origine marine utilisés dans l'industrie pharmaceutique Application à la synthèse d'un gel chimique, Université Henri Poincaré - Nancy I, 155 P
- [36]. Tonnesen. HH, Karlsen. J, Alginate dans les systèmes d'administration de médicaments, Durg Dev. Indiana Pharm. 28(6) (2002) 621–630
- [37]. Ertesvag. H., Valla S., Biosynthèse et applications des alginates, Polym. Dégrad. et Stabilité. 59 (1–3) (1998) 85–91.
- [38]. Johnson FA, Craig DQM, Mercer AD, Caractérisation de la structure en blocs et du poids moléculaire des alginates de sodium. J.Pharm. Pharmacol. 49 (7) (1997) 639–643.
- [39] Ishihara H (2013) Biological Pharmaceutical Bulletin 36, 883–888.
- [40] Zhang X, Wang H, Ma Z & Wu B (2014) Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology 10, 1691–1702.
- [41]. Wallis TE Unorganized Drugs, Textbook of Pharmacognosy, 5th Ed., CBS Publishers and Distributors, Delhi, Inde, 1985, pp. 467–469.
- [42]. Mc Neely, WH et Pettitt, DJ, Algin, gommés industrielles ; Charides Polysac et leurs dérivés, Whistler, RL et Be Miller, JN, Eds. New York: Academic, 1973, 2e éd., pp. 1-50
- [43]. Smidsrod O., Skjak-Braek G., Alginate comme matrice d'immobilisation pour cellules, Trends Biotech. 8 (1990) 71–78
- [44]. Linker A., Jones RS, Un polysaccharide ressemblant à l'acide alginique du microorganisme Pseudomonas. Nature. 204 (4954)
- [45]. Rehm, BH et Valla, S., Bacterial Alginates: Biosynthesis and Applications, Appl. Microbiol. Biotechnol. 48(3) (1997) 281–288
- [46]. Skjak-Brack, G., Grasdalen, H., Larsen, B., Séquence monomère et schéma d'acétylation dans certains alginates bactériens, Carbohydr. Rés. 154, (1986) 239-250
- [47]. Okazaki, M., Furuya, K., Tsukayama, K. et Nisiza-wa, K., Isolation et identification de l'acide alginique de l'algue rouge calcaire *Serraticardia maxima*, Bot. 25 mars (3) (1982) 123–131

- [48]. Usov, AI et Bilan, AI, Alga Polysaccharides. 49. Extraction d'alginate, de xylogalactane sulfaté et d'amidon fleuri de l'algue rouge *Boswellia cretacea* (P.etR.). Johansen (Rhodophytes, Corallinacées), *Bioorgan. Khim.* 22(2) (1996)
- [49] Özdemir C & Güner A (2007) *European Polymer Journal* 43, 3068–3093
- [50]. Gombotz WR, Wee SF, Libération de protéines à partir de matrices d'alginate, *Adv. Déliv. Rév.* 31 (1–2) (1998) 267–285
- [51] Nadir MOKRANI, "préparation et étude du comportement de membranes biopolymères alginate de sodium/chitosane", thèse de magister de l'université M'hamed Bougera-Boumerdes, 2013, p 17.
- [52]. Amokrane A, Kaidi R & Iguer-Ouada M (2020) *CryoLetters* 41,
- [53]. Almeida JD ET all, Formation of virosomes from influenza subunits and liposomes, (1975).
- [54]. Perez R, Ces algues qui nous entourent : conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture, Edition IFREMER, (1997).
- [55]. Perez R, La culture des algues marines dans le monde p 60 à 60, chapitre 1 : Acide alginique et alginates, (1992).
- [56]. K. Varaprasad, T. Jayaramudu, V. Kanikireddy, C. Toro, ER Sadiku, Matériaux composites à base d'alginate pour l'application de pansements : une mini revue, *Carbohydr. Polym.* (2020).
- [57]. KY Lee, DJ Mooney, Alginate : propriétés et applications biomédicales, *Prog. Polym. Sci.* (2012).
- [58]. CH Goh, PWS Heng, LW Chan, Alginates en tant que polymère naturel utile pour la microencapsulation et les applications thérapeutiques, *Carbohydr. Polym.* (2012).
- [59]. C. García-Astrain, L. Avérous, Synthèse et évaluation d'hydrogels d'alginate fonctionnels basés sur la chimie du clic pour les applications d'administration de médicaments, *Carbohydr. Polym.* (2018).
- [60]. Dharmendra J, Delivery systems alginate-based medicines: application in the pharmaceutical and biomedical research context, (11 août 2014).

- [61]. Augst AD et al, Alginate hydrogels as biomaterials, *Macromol, Biosci*, (2006)
- [62]. Ertesvåg, H.ÿ; Valla, S. Biosynthèse et applications des alginates. *Polym. Dégrad. Coup de couteau*. 1998,
- [63]. Hsieh, W.-C. ; Liao, J.-J. Culture cellulaire et caractérisation d'un échafaudage 3D en poly (alcool vinylique)-g-amidon réticulé pour tissus ingénierie. *Glucides. Polym.* 2013,
- [64]. Cui, Z. ; Zhang, Y.; Zhang, J.; Kong, H.; Tang, X.; Pan, L.; Xia, K.; Aldabahi, A.; Li, A.; Tai, R.; et coll. Fonctionnalisé à l'alginate de sodium les nano diamants comme vecteurs de libération prolongée de médicaments chimio thérapeutiques. *Carbone* 2016,
- [65]. Hussain, S.; Liu, T.; Javed, MS; Aslam, N.; Zeng, W. Nano sphères et nanoparticules de ZnS OD hautement réactives pour les propriétés de détection de gaz formaldéhyde. *Sens. Actionneurs B Chem.* 2017,
- [66]. Ibrahim, S.ÿM.ÿ; El Fadl, FIAÿ; El-Naggar, AA Préparation et caractérisation de billes d'alginate-CMC réticulées pour contr  lelib  ration de sel de nitrate. *J. Radioanal. Nucl. Chim.* 2014
- [67]. Iqbal, M. ; Ali, A.; Rashid, H.; Raja, NIÿ; Naveed, NHÿ; Mashwani, Z.-U.-R.ÿ; Hussain, M.; Ejaz, M.; Chaudhry, Z.   valuation de l'alginate de sodium et du chlorure de calcium sur led  veloppement de graines synthétiques. *Pack. J.Bot.* 2019,
- [68]. Goh, CH; Heng, SPWÿ; Chan, LW Alginates en tant que polymère naturel utile pour la microencapsulation et les applications thérapeutiques.*Glucides. Polym.* 2012
- [69]. Miyazaki, S. ; Kubo, W.; Attwood, D. Administration orale soutenue de théophylline en utilisant la gélification in situ d'alginate de sodium. *J. Contrôle.Version* 2000
- [70] Yanzhi Xia, Xihui Zhao, Qun Li, Xiaomei Ma, Fengyu Quan , Jianping Wang (2015).The preparation of alginate–AgNPs composite fiber with green approach and its antibacterial activity. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 24 188–195
- [71]. BULLARD RENARD, ESTEM, 2001.Plante médicinales du monde.
- [72]. F:\poivre rose-wikiphyto: htm.
- [73]. BABA AISSA.F, 2000. Encyclopédie des plantes utilisées (flore d'Algérie et du Maghreb) Librairie modern. Rou  ba. Alger.

[74]. Anonyme 2003.

[75]. DIKSHIT (1986): schinus molle, a new source of natural fungitoxicant. Journal of applied microbiology.vol 51.N°5 Dkshit .A. pp.85.88.

[76]. Copyright© 2000-2013 www.labo-hevea.com.

[77]. Rodriguez, C., Silva, G., Djair, V., 2003. Bases para el manejo racional de insecticidas : Insecticidas de origen vegetal. Facultad de Agronomia, Chile. Regnault-Roger, C., Staff, V., Philogène, B., Terron, P., Vincent, C., 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

[78]: EDQM, Huiles essentielles-Aetherolea, Pharmacopée Européenne, 2017, 9ème éd

[79]: valnet Jean. Aromathérapie. Ed. Malouine. Parie. 1964 et nombreuses éditions ultérieures.

[80]: **CATIER O., ROUX D. (2007)** : cahier du préparateur en pharmacie « botanique, pharmacognosie phytochimie plantes médicinales, 2e édition, technique documentation, parie 1993 p 406-410.

[81]: **TEUSCHEUR E., ANTON R., LOBSTEIN A. (2005)** : plantes aromatique : épices, aromates, condiments et huiles essentielles, tec et doc, parie, 522p.

[82]: **ISO, (1997)**. Norme ISO 9235 : Matières premières d'origine naturelle, pp 42.

[83]: **AFNOR., (2000)**. Huiles essentielles. Monographies relatives aux huiles essentielles. AFNOR, Paris, pp 23- 26.

[84]: **Amarti F., El Ajjouri M., Ghanmi M., Satrani B., Aafi A., Farah A., Khia A., Guedira A., Rahouti M., and Chaouch A. (2011)**. Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydant de l'huile essentielle de Thymus zygis du Maroc, pp 44-48.

[85]: **Clarke S., (2008)**. Chemistry of essential oil. British, pp 302.

[86] : (Roux, 2004), María Dolores Hernández¹ et all Chapitre 77 Huiles de romarin (Rosmarinus officinalis L.) 2003.

[87]: Afaf LEMAOUI, " Activités antioxydante et anticoagulante des huiles essentielles des graines de *Nigella sativa*.L Algérienne ", thèse de magister de l'université Ferhat AbbasSétif, 2011, p 26.

[88]: Jean GARERO, Huiles essentielles, Techniques de l'Ingénieur, traite constantes physicochimiques k343p2-26.

[89]: Zohra HELLAL, " contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydants de certaines huiles essentielles extraites des citrus .application sur la sardine", thèse de magister de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2011, p15-22.

[90]: Marianne PIOCHON, " étude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse", mémoire présenté à l'université du Québec à Chicoutimi comme exigence partielle de la maîtrise en ressources renouvelables, 2008, p13-104.

[91]: Amina ATTOU, " Contribution à l'étude phytochimique et activités biologiques des extraits de la plante *Ruta chalepensis* (Fidjel) de la région d'Ain Témouchent", thèse de magister de l'université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen, 2011.

[92]: Leila LAKHDAR, "Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans* : étude in vitro", thèse de doctorat de l'université de Mohammed V de Rebat ,2015p42.

[93]: BELLETTI N., NIDAGIJIMANA M., SISTO C., GUERZONI M.E., LANCIOTTI R., GARDINIF. "Evaluation of the antimicrobial activity of citrus essences on *saccharomyces cerevisiae*. J. Agr. Food. Chem. 52(23), 6932-6938, 2004.

[94]: FISHER K., ROWE C. ET PHILLIPS C .,the survival of three strains of *acrobacter butzleri* in the presence of lemon orange and bergamot essential oils and their components in vitro an food . Lett. Appl. Microbiol., 44,495-499, 2007.

[95]: code de la santé. Publique article d 42-11-13.

[96]: <http://blog.composition-naturelle.com/huiles-essentiels.html>

[97]: <http://Fr.encyclopédia.yahoo.com/article/50/50-1376-po.htm>

[98]: Binet P. et. Brunel J.-P ; Physiologie végétale Tome II. Edition. ; Doin.

- [99]: Mueller, J.H., and Hinton, J. 1941, Microbiologie des aliments. Guide pour la préparation et la production des milieux de culture
- [100]: Bacteria in Biology, 1999. Biotechnology and Medicine, 6th edition.
- [101]: Guo Tong, Ma Yulong, Guo Peng, Xu Zirong, 2005. Veterinary Microbiology 105, 113-122.
- [102]: Asma Ennigrou1, Karim Hosni, Herve Casabianca, Emmanuelle Vulliet, Samira Smiti,(2011) , leaf volatile oil constituents of schinus terebinthifolius and schinus molle from Tunisia.
- [103]: Belemassoud Rakia, Saouli Sarah, Zighmi Souad, Laadjel Seghni, (2013) Mise en valeur les huiles essentielles du faux poivrier à Ouargla.
- [104]: https://www.univ-blida.dz/lgc/confs/Boutoumi_7.pdf

Résumé :

Les films biodégradables à base d'alginate et d'huile essentielle de Schinus molle offrent une solution prometteuse dans divers domaines. Ces films sont fabriqués en mélangeant l'alginate, un polysaccharide extrait d'algue brune *laminaria digitata*, avec l'huile essentielle de Schinus molle. Ils sont caractérisés par leur biodégradabilité et leur compatibilité avec l'huile essentielle. Les films montrent une activité antimicrobienne efficace contre les bactéries et les champignons, ce qui en fait des matériaux intéressants pour l'emballage alimentaire, l'industrie pharmaceutique, la cosmétique et les applications environnementales. En plus de leur action antimicrobienne, ces films biodégradables offrent également des propriétés de libération contrôlée, d'épaississement naturel et contribuent ainsi à la préservation de l'environnement.

Mots clés : Films biodégradable - Alginate - huile essentielle de Schinus molle - activité antimicrobienne.

Abstract :

Biodegradable films based on alginate and Schinus molle essential oil offer a promising solution in various fields. These films are made by mixing alginate, a polysaccharide extracted from brown seaweed *laminaria digitata*, with the essential oil of Schinus molle. They are characterized by their biodegradability and their compatibility with the essential oil. The films show effective antimicrobial activity against bacteria and fungi, making them attractive materials for food packaging, pharmaceuticals, cosmetics and environmental applications. In addition to their antimicrobial action, these biodegradable films also offer properties of controlled release, natural thickening and thus contribute to the preservation of the environment.

Keywords: Biodegradable films - Alginate - Schinus molle essential oil - antimicrobial activity.