



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département d'ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Ecologie et Environnement

Option : Biodiversité et Environnement

Thème

Elaboration d'un film à base des composés biosourcés en vue de sa biodégradabilité.

Présenté par :

HADDAD Melissa & REFES Manel

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} HEDJAM. H

MCB à l'UMMTO

Promotrice : M^{me} LARDJANE. N

Professeur à l'UMMTO

Co-promotrice : M^{me} DERMECHE. S

MCB à l'UMMTO

Examinatrice : M^{me} YAKOUBI. S

MAA à l'UMMTO

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Ce projet a été pour nous une expérience inoubliable. Les personnes que nous avons pu rencontrer nous ont toujours aidé aussi bien dans le travail que dans le moral.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à nos promoteurs Mme LARDJANE N., professeure au Département de Biochimie et Microbiologie à l'UMMTO et Mme DERMECHE S, Maître de conférences classe B au Département de Biochimie et Microbiologie pour leur disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail, ainsi que pour l'inspiration, l'aide, les conseils et le temps qu'elles nous ont consacré.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury, pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements s'adressent aussi aux ingénieurs des laboratoires « Pathologie des écosystèmes », « Physico-chimiques » et aussi « biochimie » pour leurs aides dans la réalisation de la partie pratique de ce mémoire.

Nous tenons à remercier les enseignants qu'on a eu durant notre parcours universitaire et enfin à nos camarades de la promotion à qui nous souhaitons beaucoup de réussite.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents pour leurs soutiens, leurs
patiences, leurs encouragements durant mon parcours scolaire.

A mes sœurs et leurs enfants et mes frères et leurs femmes et leurs enfants
ainsi à toutes ma famille.

A Yasmine ma chère et amiable copine de chambre pour son amour
cordial et son appui moral.

A Manel chère amie avant d'être binôme.

A tous mes amis plus précisément Nadjia et ferroudja.

A vous chers lecteurs.

Melissa





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, que je remercie du fond du cœur pour leurs amours, leurs soutiens, de m'avoir encouragé et aider à devenir ce que je suis aujourd'hui.

A mon cher frère Anis pour son soutien, sa présence et ces conseils avisés qui ont enrichi ma vie et aussi à sa femme Dehbia.

A mon petit frère Mayes.

A mes chers grands parents que dieu les procurés une bonne santé et une longue vie et à toute la famille.

A mon binôme et chère amie Melissa et ainsi à toute sa famille.

A mes chers copines Nadjia et Yasmine avec qui j'ai partagé des moments inoubliables.

A Tous les personnes que j'ai connus et que j'aime.

Manel



Liste des abréviations

PLA : Polylactide

OFI : Opuntia ficus indica

SA : Alginate de sodium

GLY : Glycérol

IR : Infrarouge

CI : cladodes de la partie internes

CEX : Cladodes de la partie externe

MA : Margines acétates

MAA : Margines acétates acidifiés

CLAD : Cladodes du figuier de barbarie

GREN : Grenade acidifiée

F : Films

EMA : Extrait de margines acétates

EMAA : Extrait de margines acétate acidifiés

CLAD A : Cladodes acidifiés

CLAD E : Cladodes eau distillé

BCE : Banque Centrale Européenne

RCF : Relative Centrifugal Force

Figure 1: Organigramme des différentes familles des biopolymères (Chanoune, 2017).....	4
Figure 2: Capacité de production des plastiques bio-sourcés en 2010 et ses perspectives d'évolutions en 2015 (par région) (Issaadi, 2015).	5
Figure 3: Utilisation des bioplastiques dans le monde, 2008-2015 (tonnes métrique) (Kumar, 2012).....	6
Figure 4: Le processus de la biodégradation (Anonyme, 2009).	9
Figure 5: Représentation de la chaîne de cellulose (Kale et al, 2011).	10
Figure 6: Structure chimique de la chitine (Cortizo, 2008).....	11
Figure 7: Cladodes d'OFI (Chougui et al., 2015).	12
Figure 8: Structure chimique de mucilage des cladodes du figuier de barbarie (El-mostafa et al, 2014).....	14
Figure 9: Grenade (Pomgranate) (Planchon et al, 1875).....	16
Figure 10: Composition d'écorce de grenade (El-hadarye, 2020).....	17
Figure 11: Schéma de la bio-raffinerie d'écorces de grenade (Pathak et al., 2017).	18
Figure 12: Les margines (Original).	19
Figure 13 : Etapes d'échantillonnage des cladodes du figuier de barbarie.	21
Figure 14 : Etapes d'échantillonnages des grenades.	22
Figures 15 : Etapes d'échantillonnages des margines.	22
Figure 16 : Diagramme des étapes de préparation des extraits des cladodes du figuier de barbarie.....	25
Figure 17 : Diagramme des étapes de préparation des extraits de grenade.....	26
Figure 18: Diagramme des différentes étapes de l'extraction des composés phénoliques des margines.....	27
Figure 19: L'extrait des cladodes acidifiés.....	30
Figure 20: L'extrait des cladodes.	30
Figure 22: L'extrait des margines brutes.....	31
Figure 23: L'extrait des margines acidifiés.....	31
Figure 24 : Spectre infrarouge du film à base des cladodes internes.	35
Figure 25 : Spectre infrarouge du film à base des cladodes internes et le glycérol.	36
Figure 26 : Spectre infrarouge du film à base des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol.....	37
Figure 27 : Spectres infrarouges des films à base des cladodes internes, externes et le glycérol.	38

Liste des figures

Figure 28 : Spectre infrarouge du film à base de l'extrait des cladodes et le glycérol.....	39
Figure 29 : Spectre infrarouge du film à base de l'extrait des cladodes acidifiés et le glycérol.	40
Figure 30 : Spectre infrarouge du film à base de l'extrait des cladodes eau distillé et le glycérol.....	41
Figure 31 :-Spectre infrarouge du film à base de l'extrait de grenade acidifiée.....	42
Figure 32 : Spectres infrarouges des films à base des cladodes acidifiés et non acidifiés avec le glycérol.....	43
Figure 33 : Spectres infrarouges à base des films à base des cladodes acidifiés et la grenade acidifiée.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les applications des biopolymères dans le domaine de l'emballage.....	7
Tableau 2: Composition chimique de la tige (raquettes).....	13
Tableau 3: Les teneurs en minéraux dans les cladodes en mg/100g.....	13
Tableau 4: Composition en sucre du mucilage extrait de cladodes d'opuntia ficus indica.....	15
Tableau 5: Taxonomie du genre Punica granatum L.....	17
Tableau 6 : Les différentes formulations des films préparés.....	28
Tableau 7 : Les différents films élaborés et leurs caractéristiques.....	32
Tableau 8 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes internes.....	35
Tableau 9 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes internes et le glycérol.....	36
Tableau 10 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol.....	37
Tableau 11 : Fréquences caractéristiques groupements fonctionnels de l'extrait cladodes et le glycérol.....	39
Tableau 12 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes acidifiés et le glycérol.....	40
Tableau 13 : Fréquences caractéristiques groupements fonctionnels de l'extrait cladodes eau distillé et le glycérol.....	41
Tableau 14 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels de l'extrait cladodes et le glycérol.....	42

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale1

Première partie : étude bibliographique

I- Généralités sur les biopolymères

1- Introduction	3
2- Les biopolymères.....	3
2-1- Les différentes familles des biopolymères.....	3
2-2- les avantages et les inconvénients des biopolymères	4
2-2-1- les avantages	4
2-2-2- les inconvénients	4
2-3- Production des polymères biodégradables.....	5
2-4-Application des biopolymères et leurs propriétés	6
2-4-1- application biomédicale	6
2-4-2- application agricole	7
2-4-3- application dans l’emballage.....	7

II-La Biodégradation des biopolymères

1- Biodégradation.....	8
2- Le processus de la biodégradation	8
3- Les éléments influençant sur la biodégradation	9
3-1-structure et propriétés des polymères constituant le matériau	9
3-2-paramètres physico-chimiques du milieu de dégradation.....	9
3-3-paramètres microbiologiques du milieu de biodégradation	9
4- Biodégradation de quelques polymères naturels	9
4-1-polysaccharide.....	9
4-1-1-Amidon	10
4-1-2-Cellulose	10
4-1-3-Chitine et chitosan.....	10
4-2-protéine	11
4-3-polyesters	11
5-Biodégradabilité des polymères synthétiques.....	11
5-1-poly lactide PLA	11

III- Valorisation des extraits polysaccharidiques

1-les cladodes de figuier de barbarie	12
1-1-morphologie.....	12
1-2-composition chimique des cladodes.....	12
1-3-mucilage	13
1-3-a-composition chimique de mucilage des cladodes	13
1-4-valorisation des cladodes de figuier	15
1-4-1-Usages agroalimentaire	15
1-4-2-Production cosmétique et pharmaceutique.....	15
1-4-3-Autres utilisation.....	16
2-les écorces de grenade (pomgranates)	16
2-1-Historique	16
2-2-Taxonomie	17
2-3-Composition chimique des écorces.....	17
2-4-Valeur nutritive d'écorces de grenade	18
2-5-Propriétés d'écorces de grenade	18
2-6-Valorisation des écorces.....	18
3-Les margines	19
3-1-Composition.....	20
3-2- Valorisation	20

Deuxième partie : partie expérimentale

1-Matériels et méthodes

1-1-Matériels végétales

-Objectif.....	21
➤ Cladodes de figuier de barbarie	21
➤ Ecorces de grenades pomgranates	22
➤ Des margines.	22
1-2-Appareils, et verreries et produits chimiques utilisés	23
1-2-1-Appareillage	23
1-2-2-Verreries et le petit matériel consommable.....	23

1-2-3-Produits chimiques, solvants et réactifs	24
2-Méthodes	
2-1-Préparation de l'extrait des cladodes internes du figuier de barbarie	24
2-1-1-Le mucilage avec l'acide citrique	24
2-1-2-Le mucilage avec l'eau distillé	24
2-2-Préparation de l'extrait des écorces de grenades	25
2-2-1-la poudre des écorces de grenade avec l'acide citrique	25
2-2-2- la poudre des écorces de grenade avec l'éthanol.....	26
2-3-Préparation de l'extrait des margines	27
2-3-1-Extraction des polyphénols à partir des margines brutes.....	27
2-3-2- Extraction des polyphénols à partir des margines acidifiées au laboratoire	27
2-4-Préparation des films biologiques	28
➤ Mode opératoire.....	28
2-6- Les analyses infrarouges.	29

II-Résultats et discussions

1-les extraits des cladodes du figuier de barbarie, l'extrait des écorces de grenade et l'extrait des margines.....	30
2-Les films élaborés et leurs caractéristiques	31
3-Résultats d'analyse par spectrophotométrie infrarouge	34
A-film à base des cladodes internes	34
B- film à base des cladodes internes et le glycérol	35
C- film à base des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol	36
D- film à base de l'extrait des cladodes et le glycérol	38
E- film à base de l'extrait cladodes acidifiés et le glycérol	39
F- film à base de l'extrait des cladodes eau distillé et le glycérol.....	41
G- film à base de l'extrait de grenade acidifiée	42
Conclusion	45
Références bibliographiques	
Résumé, Abstract, ملخص	

Introduction Générale

Le plastique dont, l'essor a débuté vers le milieu de XXe siècle, sont des matériaux techniques nécessaires, au bon fonctionnement des sociétés industrialisées. Les plastiques sont devenus indispensables et leur production s'accroît à mesure qu'augmente la demande de nos sociétés industrielles pour ces matériaux en parallèle (**Kedzierski, 2017**). Les plastiques, polymères de composition très variable, la diversité de cette composition chimique leur confère des propriétés uniques dans le monde des matériaux, rigidité, souplesse, élasticité, résistance mécanique et chimique, leurs domaines d'application sont multiples (**Tolinsky, 2010**). Le secteur des emballages est le plus grand producteur de déchets plastiques à usage unique à l'échelle mondiale.

La quantité de déchet plastique, produite chaque année à l'échelle mondiale passe à 350 millions de tonnes aujourd'hui, et toujours en croissance continue. Ces déchets, persistant dans le temps peuvent s'accumuler dans l'environnement et présentent des risques (**Kedzierski, 2017**).

La pollution plastique est un problème environnemental majeur qui affecte l'ensemble de la planète. Les déchets plastiques ne se dégradent pas naturellement et peuvent prendre plusieurs siècles pour disparaître. Ils se retrouvent dans les océans, les rivières, les sols et les écosystèmes, où ils peuvent causer des dommages graves aux espèces sauvages et à l'homme lui-même. Par contre les plastiques biodégradables respectueux de l'environnement ont un traitement spécial pour accélérer leur décomposition (ce dégradent en quelques semaines et qui ne libèrent pas des microparticules dans l'environnement), cette décomposition se fait par des bactéries (**Bode et al., 2001**) qui transformera le film biodégradable en matière naturelle tels que l'humus inerte, le métal, le CO₂, l'eau....etc. En mars 2016, des scientifiques du Japon ont fait une découverte que certaines bouteilles d'une usine de recyclage avaient été décomposées par des bactéries (**Yoshida et al., 2016**).

La présente étude porte sur l'élaboration d'un film à base des composés biosourcés, pour cela nous avons choisis des matériaux végétaux naturels qui sont les cladodes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*), les écorces de grenade et les margines qui rentrent dans un contexte sanitaire, environnemental et développement durable. Nous nous sommes intéressées à la caractérisation de ces trois matériaux qui sont abondants en Algérie particulièrement dans les régions de la Kabylie.

Introduction générale

Cette étude comporte trois chapitres : le premier abordera les généralités sur les biopolymères, la biodégradation des polymères et la valorisation des trois matériaux (*cladodes du figuier de barbarie, grenade, margines*), le deuxième sera consacré au matériels et méthodes suivis lors de la réalisation de ce travail, le troisième chapitre représentera et discutera les résultats obtenus au laboratoire.

Enfin une conclusion résumera l'essentiel des résultats.

Etude Bibliographique

I- GENERALITE SUR LES BIOPOLYMERES

1-INTRODUCTION

Les biopolymères sont des polymères d'origine biologique, tels que les protéines, les acides nucléiques et les polysaccharides, qui sont présents dans les organismes vivants (animaux, végétaux, algues). Ils se distinguent des polymères synthétiques par leurs origines naturelles. Les polymères naturels, comme la cellulose, la kératine et le collagène, sont des exemples de biopolymères. Contrairement aux polymères synthétiques, les biopolymères sont biodégradables, ce qui signifie qu'ils peuvent être décomposés par des processus biologiques. Leurs utilisations sont donc considérées comme plus respectueuses de l'environnement. Les biopolymères trouvent des applications dans des domaines tels que l'industrie alimentaire, agriculture, l'emballage, la médecine et la pharmacie.

Les biopolymères sont de plus en plus utilisés dans divers domaines, et leur utilisation est en constante croissance. Les recherches et les développements dans ce domaine visent à améliorer les propriétés des biopolymères et à les rendre plus compétitifs face aux polymères synthétiques.

2-LES BIOPOLYMERES

Un **biopolymère** est une macromolécule biologique qui résulte de la polymérisation de molécules plus simples ou monomères. C'est le cas des polysaccharides, protéines et des acides nucléiques. Lorsque on parle de polymère biosourcé, le terme biosourcé signifie que le polymère est composé ou issu en partie ou complètement de la biomasse. Cette caractéristique présente un avantage significatif puisqu'elle limite l'utilisation des ressources fossiles (**Chanoune, 2017**).

2-1-LES DIFFERENTES FAMILLES DES BIOPOLYMERES

Les bio-polymères d'origine biologique peuvent être classés en trois familles

- Les polymères de biomasse ;
 - Les polymères issus directement de végétaux ou d'animaux ;
 - Les polymères produits d'origine bactérienne ;
 - Les polymères obtenus par polymérisation de monomères issus de ressources renouvelables (**Chanoune, 2017**) ;
- Les polymères synthétiques ;
- Les polymères biodégradables (figure 1) ;

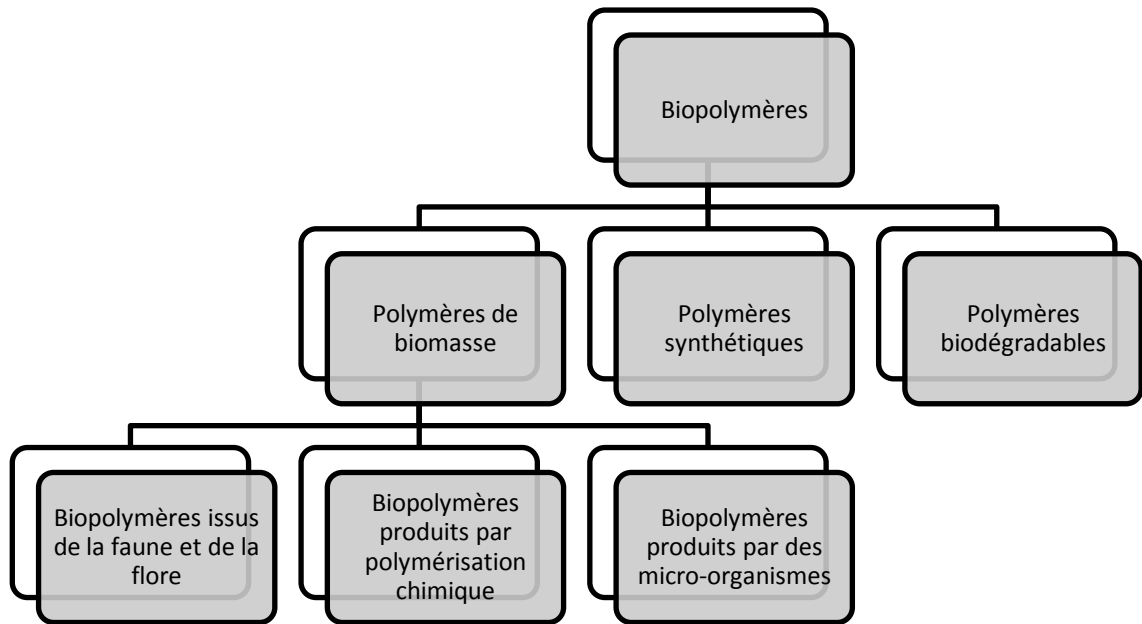


Figure 1: Organigramme des différentes familles des biopolymères (Chanoune, 2017).

2-2-AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES BIOPOLYMERES

2-2-1- Principaux avantages des biopolymères

Les principaux avantages des biopolymères sont :

- Les biopolymères sont neutres sur le cycle du dioxyde de carbone ;
- Ils facilitent la gestion de la fin de vie grâce au compostage ;
- Offrant une variété de panneaux en biopolymère à partir de ressources renouvelables abondantes ;
- Peuvent être transformés par des procédés traditionnels (extrusion, extrusion-gonflage, injection, thermoformage).

2-2-2- Inconvénients des biopolymères

Ils présentent également des inconvénients tels que :

- Prix de vente élevé (coût + faible rendement) ;
- Les propriétés physiques sont parfois limitées ;
- Le compostage industriel des déchets biopolymères est peu développé (Boukarrou et al., 2015).

2-3-PRODUCTION DES BIOPOLYMERES

Avec une croissance mondiale prévue pour la décennie à venir, les bioplastiques gagnent en popularité tant pour remplacer les polymères existants que pour développer de nouveaux matériaux offrant de nouvelles caractéristiques.

La figure 2 illustre la capacité de production mondiale des plastiques bio-sourcés en 2010 et les perspectives d'évolution de cette capacité de production en 2015. Selon le diagramme, l'Amérique du Sud occupe la première place en termes de capacité de production des plastiques bio-sourcés en 2010, suivie de l'Amérique du Nord et de l'Europe. (Issaadi, 2015) En ce qui concerne l'évolution de cette capacité en 2015, il est évident que l'Asie et l'Amérique du Nord représentent 50 % de la production. Toutefois, on constate une diminution de la capacité de production de l'Europe et en Amérique du Sud.

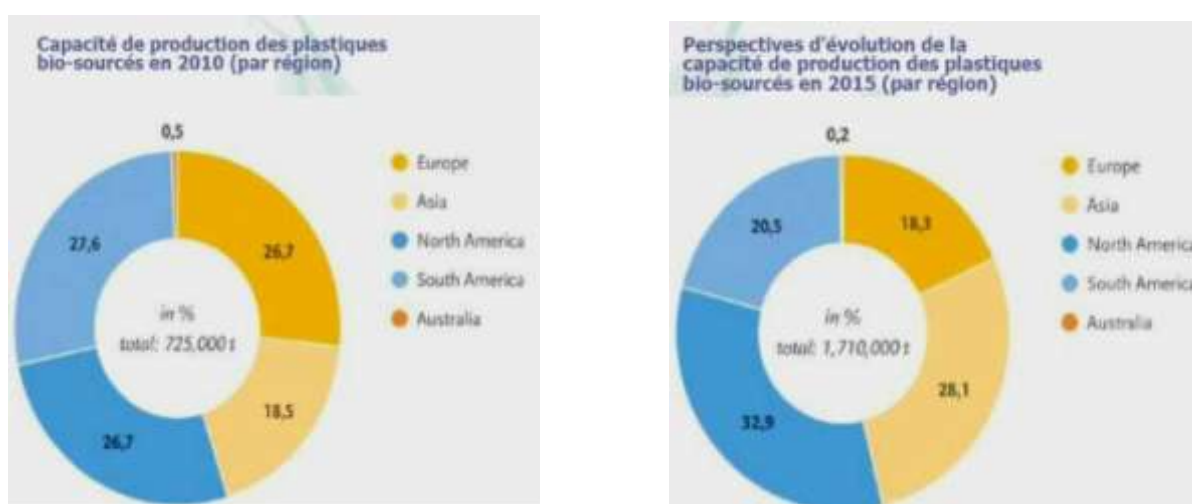


Figure 2: Capacité de production des plastiques bio-sourcés en 2010 et ses perspectives d'évolutions en 2015 (par région) (Issaadi, 2015).

L'Amérique du Nord est le plus grand consommateur mondial de matériaux bioplastiques dans le monde. Leur consommation croît à un rythme de 10 à 20 % par an, suivie par l'Europe. La figure 3 montre que le marché de l'emballage domine largement celui des plastiques biodégradables. Il devrait atteindre environ 2 milliards d'euros en 2016, contre 787 millions d'euros en 2011, Une hausse de 20,5 % sur la même période (Tung, 2011).

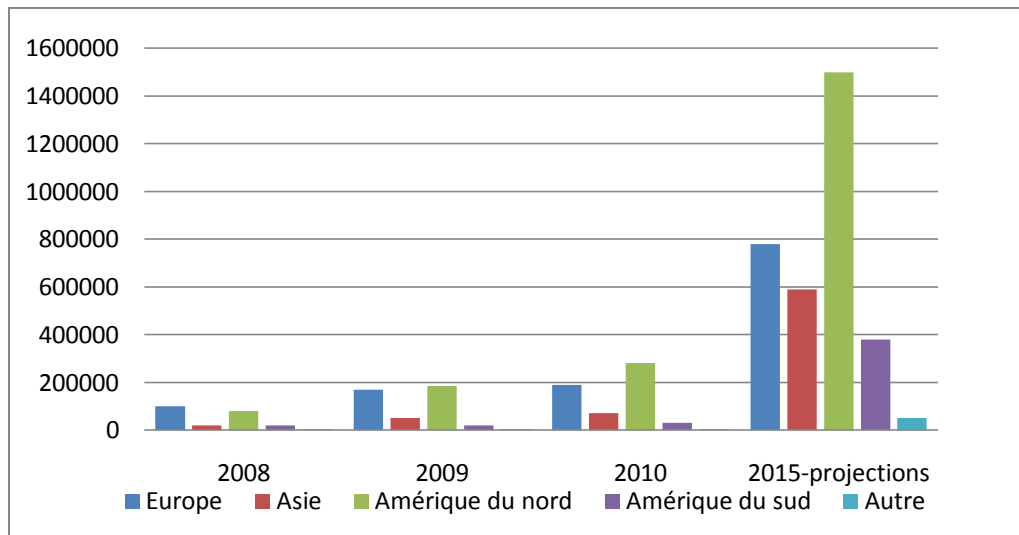


Figure 3: Utilisation des bioplastiques dans le monde, 2008-2015 (tonnes métrique) (**Kumar, 2012**).

2-4-APPLICATIONS DES BIOPOLYMERES ET LEURS PROPRIETES

Les applications des polymères dépendent de leur principale propriété qui consiste en leur caractère biodégradable, en plus ils peuvent également être compostés et donc servir à favoriser la croissance d'autres végétaux.

Le plus souvent, bon nombre de ces biopolymères sont utilisés en tant que biomatériaux dans le domaine médical, en agriculture et aussi dans l'emballage alimentaire (**Badaoui, 2012**).

Ces biopolymères sont aussi utilisés dans le traitement des eaux polluées et la protection contre la corrosion. On peut distinguer trois grands domaines d'application des biopolymères émergent.

2-4-1-Application biomédicale

Les premières applications des biopolymères sont médicales d'autant plus que leur coût élevé de départ se justifie dans ces applications à haute valeur ajoutée. Leurs propriétés de biocompatibilité et de biorésorbabilité associées à leur résistance mécanique sont très importantes pour assurer les fonctions attendues dans ce domaine (**Anonyme, 2015**).

Les biopolymères à usage médical, ont été développés (**Dahbi et al., 2011**) comme:

- ✓ implants en chirurgie vasculaire et cardiovasculaire ;
- ✓ matrice pour faire de la libération contrôlée de médicaments ;
- ✓ fils chirurgicaux résorbables.

2-4-2-Application agricole

Depuis l'introduction des films plastiques en 1930-1940 comme films agricoles (les serres agricoles), l'utilisation des polymères en agriculture n'a cessé d'augmenter. Les différentes applications sont :

- ✓ La libération contrôlée de sols ;
- ✓ La protection de graines et des plantes ;

Cependant, les plastiques dégradables présentent un intérêt pour le compost :

- ✓ Films de paillage agricole ;
- ✓ Libération contrôlée de produits chimique pour l'agriculture ;
- ✓ Godets pour plantes.

2-4-3-Application en emballage

Dans le domaine de la vie courante, le secteur de l'emballage est un autre créneau important pour le marché des polymères biodégradables. Ces derniers apportent une solution aux problèmes de déchets mais nécessitent toutefois la mise en place d'une filière de gestion de déchets adéquate à ce type de produits. Ainsi l'organisation d'une filière de compostage est indispensable pour assurer une valorisation optimale de ces emballages biodégradables. Outre leur biodégradabilité, les biopolymères présentent d'autres propriétés intéressantes pour les applications dans le domaine de l'emballage. À part leur fonction première de protection des produits, les biopolymères offrent aux emballages d'autres fonctions grâce à leurs propriétés intrinsèques. On peut citer, par exemple, leur perméabilité à la vapeur d'eau intéressante pour emballer les produits frais comme les fruits et les légumes (**Rabetafika holy et al., 2006**).

Trois types de biopolymères, les polylactides (PLA), les polymères à base d'amidon et les polymères à base de cellulose, connaissent actuellement un développement industriel pour la fabrication des emballages (**Elyse, 2004**). Ces biopolymères permettent de couvrir une large gamme d'applications dans le secteur emballage (Tableau1).

Tableau 1 : Les applications des biopolymères dans le domaine de l'emballage (**Jarroux, 2008**).

Polymères	Applications
Amidon	Emballage films alimentaire et produit d'hygiène, sacs de pomme de terre, couverts jetables
Cellulose	Emballage films alimentaire, emballage films divers
Polylactide(PLA)	Raviers et pots, bouteilles d'eau et de lait, gobelets jetables. Divers emballages alimentaires, emballages films divers ...
Polyhydroxycanoates(PHA)	Emballages (cosmétique, films...)

II-LA BIODEGRADATION DES BIOPOLYMERES

1-LA BIODEGRADATION

La biodégradation peut être décrite comme un phénomène de dégradation, de décomposition des matières organiques par l'action des micro-organismes (bactéries, enzymes, champignons). Il s'agit d'une fragmentation avec modification chimique et perte des propriétés mécaniques. Le matériau est converti en dioxyde de carbone (CO_2), en eau (H_2O), et/ou en méthane (CH_4), la biodégradation peut être testée par des testes standardisées pendant une durée défini, dans des conditions simulant l'environnement final (Swift, 1992; Yabannavar et Bartha, 1994 ; Calmon-décridaud et al., 1998).

2-LE PROCESSUS DE BIODEGRADATION

La figure ci-dessous montre les deux parties de processus de la biodégradation :

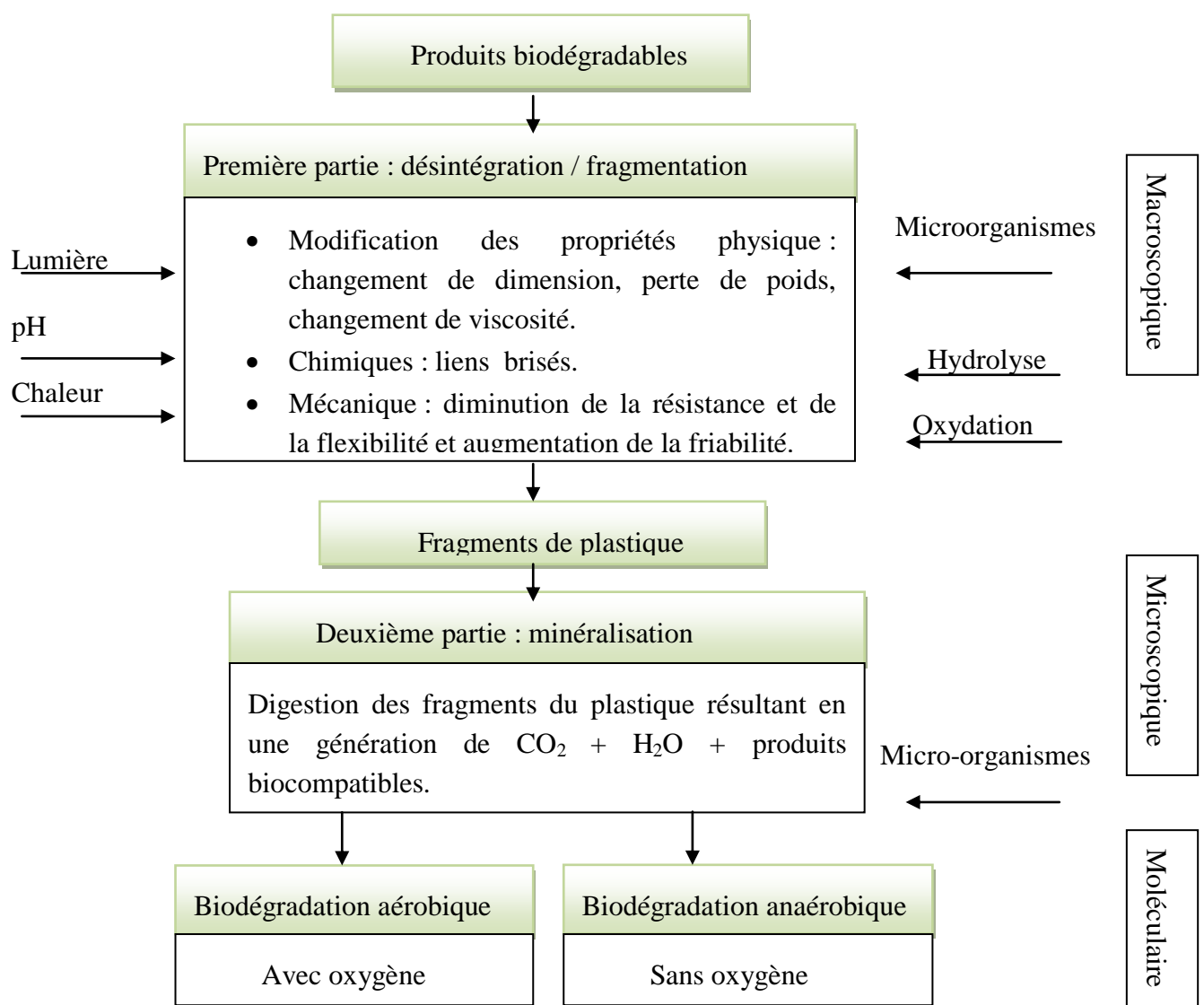


Figure 4: Le processus de la biodégradation (Anonyme, 2009).

3-LES ELEMENTS INFLUENCANT LA BIODEGRADATION

3-1-Structure et propriétés des polymères

La nature des polymères constituant le produit est aussi un élément déterminant dans la biodégradation; citons:

- La constitution chimique et le degré de linéarité des chaînes de polymères;
- Le degré de polymérisation; une faible masse moléculaire du polymère favorise la biodégradation sous l'action des enzymes (**Gu j d, 2003**);
- Le caractère hydrophile ou hydrophobe du matériau ;
- Le taux de cristallinité du polymère; plus il est élevé, plus la biodégradation est lente, la présence de liaisons faibles ou hydrophobes dans les polymères, tels que les liaisons ester ou les doubles liaisons favorisent sa biodégradation (**Saadi, 2008**).

3-2-Paramètres physico-chimiques du milieu de dégradation

Ces paramètres dépendent :

- Du milieu : enfoui dans la terre, surface du sol, eau douce, mer, composteur ;
- De la teneur en eau (pour les sols) qui doit être suffisante pour permettre l'action efficace des micro-organismes ;
- De la température ;
- Du pH du milieu ;
- De la teneur en agents nutritifs (azote, phosphore) ;
- De la teneur en oxygène ;
- Des conditions de mélange et de turbulence ;
- De la salinité (**Sambha, 2011**).

3-3-Paramètres microbiologique du milieu de dégradation

- La présence de micro-organismes/enzymes spécifiques dans le milieu de dégradation va accroître le processus de dégradation. Les micro-organismes suivant le cas, (**Sambha, 2011**) donneront lieu à une dégradation aérobie ou anaérobie (bactéries, cyanophycées).

4-BIODEGRABILITE DE QUELQUES POLYMERES NATURELS

Les polymères naturels sont des molécules complexes présentes dans le règne animal ou végétal. Ils sont formés par la répétition de multiples unités de base appelées monomères. Voici quelques exemples de polymères naturels :

4-1-Polysaccharide

Les polysaccharides sont des glucides complexes formés par la répétition de monosaccharides. La chitine, par exemple, se trouve dans l'exosquelette des insectes et des crustacés. L'amidon est également un polysaccharide présent dans les plantes et est une source importante d'énergie pour l'homme.

4-1-1-Amidon

L'amidon est un polysaccharide d'origine végétale. C'est la principale substance glucidique de réserve des végétaux supérieurs, il représente une fraction pondérale importante des matières premières agricoles. On le trouve dans les organes de réserves de plantes telles que les céréales (30-80 % de la matière sèche (ms)), les tubercules (60-90 % de ms), et les légumineuses (25-50 % ms) (David, 2007).

4-1-2-La cellulose

La cellulose est un homopolysaccharide linéaire constitué d'unités D-glucopyranose reliées par des liaisons β -1,4-glycosidiques. L'unité répétitive, composée de l'association de deux glucoses, est appelée cellobiose (Figure 5). L'extrémité réductrice du polymère correspond à l'unité glucose dont l'hydroxyle est libre. L'extrémité non réductrice est nommée ainsi, car le groupement hydroxyle est engagé dans une liaison osidique. Le degré de polymérisation de la cellulose est de plus de 3000 pour les linters du coton et à environ 1500 pour les pâtes de bois obtenues avec le minimum de dégradation (Kale et al., 2011).

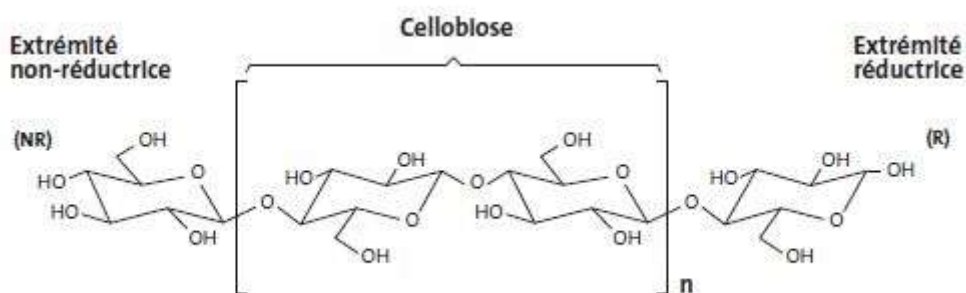


Figure 5: Représentation de la chaîne de cellulose (Kale et al, 2011).

4-1-3-Chitine et chitosan

La chitine est le biopolymère le plus abondant dans la nature après la cellulose (kaya et al., 2014). C'est un polysaccharide, plus précisément un aminoglucopyranane, composé d'unités de N-acétyl D-glucosamine (GlcNAc) et de D-glucosamine (GlcN) (figure 6) reliées par des liaisons covalentes β , (1 \rightarrow 4) (Baxter et al., 1992). Elle joue plusieurs rôles structurels et fonctionnels vitaux. Elle forme une barrière physique entre le corps de l'organisme et son environnement. Elle participe à sa protection contre les radiations, la chaleur, les agressions chimiques et physiques (Abdel-rahman, 2015).

Le chitosane est le dérivé principal de la chitine. C'est un copolymère linéaire constitué d'unités D-glucosamine (GlcN) et N-acétyl-D-glucosamine (GlcNAc) reliées par une liaison β ,(1 \rightarrow 4). Il se trouve, à l'état naturel dans la paroi cellulaire de certains microorganismes (champignons, bactéries, levures et algues), mais dans des quantités relativement restreinte (Cortizo, 2008).

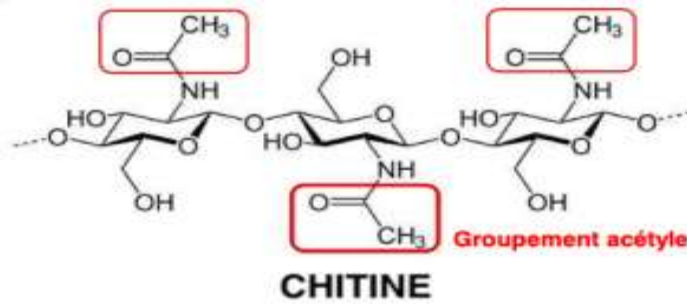


Figure 6: Structure chimique de la chitine (Cortizo, 2008).

4-2-Protéines

Les protéines sont des copolymères constitués d'un arrangement régulier de différents monomères : 20 acides α -aminés naturels (Castelan, 2007). Les protéines sont les éléments constitutifs de la matière animale vivante, des muscles, de la peau, des cheveux, etc. Elles interfèrent avec divers processus vitaux tels que le transport de l'oxygène dans le système respiratoire, le déterminisme génétique et le système immunitaire. Les protéines peuvent également être classées en fonction de leur solubilité en protéines simples, composées, et protéines dérivées (Jarroux, 2012).

4-3-Polyesters

Les polyesters sont des polymères qui contiennent le groupe fonctionnel ester dans leur chaîne, Ils peuvent être biodégradables parce que les esters sont des molécules présentes dans la nature, et les enzymes spécifiques à l'ester sont communs (estérase) (Raza et al., 2012).

5-BIODEGRADABILITE DES POLYMERES SYNTHETIQUES

5-1-Polylactide PLA

Le PLA est actuellement un des biopolymères le plus prometteur. Il a été le sujet d'une littérature abondante avec plusieurs revues et chapitres de livre, principalement pendant la dernière décennie (Dahmani et al., 2013). Le PLA peut être traité avec un grand nombre de techniques et il est disponible en grande partie (production à grande échelle) dans un éventail de catégories. Il a un prix de revient raisonnable et quelques propriétés remarquables pour accomplir différentes applications.

III- VALORISATION DES EXTRAITS POLYSACCHARIDIQUES

1- Cladodes de figuier de barbarie

Les cladodes d'OFI sont des tiges modifiées de forme aplatie, érigées ou retombantes, de couleur verte mate, couramment appelées « raquettes », se caractérisent par des branches formées d'articles charnus de forme elliptique, la présence d'une cuticule cireuse (la cutine), du mucilage, d'épiderme et des stomates, ainsi que par la capacité d'assurer la fonction chlorophyllienne (figure7).



Figure 7: Cladodes d'OFI (Chougui et al., 2015).

1-1-La morphologie

Les cladodes ce sont des tiges modifiées qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique, de forme ovoïde ou allongé (Feugang et al., 2006), mesurent 30–60 de longueur, 20–40 cm de largeur et 1,9–2,8 cm d'épaisseur. Le cladode d'*Opuntia ficus-indica* a une couleur verte opaque et ses épines sont absentes au niveau des cladodes (jeunes cladodes) (Medina-Torres et al., 2011), elles sont couvertes de petites aréole, et de glochide blancs (Habibi, 2004).

1-2-Composition chimiques des cladodes

La composition chimique des cladodes varie en fonction des facteurs édaphique, l'endroit de la culture, la saison et l'âge de la plante. Par conséquent les teneurs en éléments nutritifs respectifs varient à la fois entre les espèces et les variétés (Schweizer, 1997).

Les teneurs en eau des raquettes fraîches varient de 80 à 90 %. La teneur des raquettes en matières azotées totales ainsi que la teneur en paroi totale, en lignocellulose et en lignine sont faibles. Au contraire, ils sont réputées être riches en minéraux essentiellement le calcium et les oxalates et en mucilage, polysaccharides de structure chimique parfois très complexe retrouvés dans plusieurs plantes supérieures (Boutakiout et al., 2017).

La composition chimique d'une tige (raquettes) est résumée dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2: Composition chimique de la tige (raquettes) (Rai, 2017).

Eau	92 %
Glucide	4.3 %
Cellulose	1.2 %
Protéine	0.6 %
Matière grasse	0.15 %
Cendre	1.5 %

Elles sont riches en calcium, magnésium, potassium et Cuivre mais ont un faible teneur en phosphore (Tableau 3).

Tableau 3: Les teneurs en minéraux dans les cladodes en mg/100 g (Angulo-bejarano et al., 2014); (El-mostafa et al., 2014).

Composante principale identifiée	mg/100 g
Calcium	5.64 à 17.95
Oxalate de calcium	4.3 à 11.5
Magnésium	8.80
Sodium	0.3 à 0.4
Potassium	2.35 à 55.20
Fer	0.09
Phosphore	0.15 à 2.59
Zinc	0.08
Manganèse	0.19 à 0.29

Les cladodes jeunes constituent une source importante de protéines riches en acides aminés essentiels ainsi que des vitamines. Plusieurs études ont signalé des proportions élevées en acides aminés dans les cladodes, spécialement la proline, l'acide glutamique et l'acide aspartique (El-mostafa et al., 2014).

1-3- Mucilage

Le mucilage est un polysaccharide de pectine caractéristique des membres de la famille de cactaceae. Il a une grande capacité d'absorber de l'eau. Il peut être considéré comme une source potentielle pour l'industrie des hydrocolloïdes. Il contient différentes proportions en sucres tels que L-arabinose, D-galactose, L-rhamnose, et D-xylose (Trachtenberg et al., 1981).

1-3-a- Composition chimique de mucilage de cladodes

Le mucilage du figuier de barbarie est constitué de 42 % d'arabinose, 22 % de xylose, 21 % de galactose et 8 % d'autres composés.

Le mucilage d'*Opuntia ficus indica* est composé de 55 résidus de sucre. Ce sont des substances polymères complexes de nature glucidique, à structure très ramifiée, qui contient des proportions variables de L-arabinose, D-galactose, L-rhamnose et D-xylose, ainsi que l'acide D-galacturonique en différentes proportions (Figure 8). La structure du mucilage se présente comme une chaîne avec une répétition des motifs d'acide galacturonique liés en α (1-2) à la chaîne de n(rhamnose) dont les motifs sont lié entre eux en α (1-4) et aux chaînes latérales formés de galactose, arabinose, xylose (El-mostafa et al., 2014).

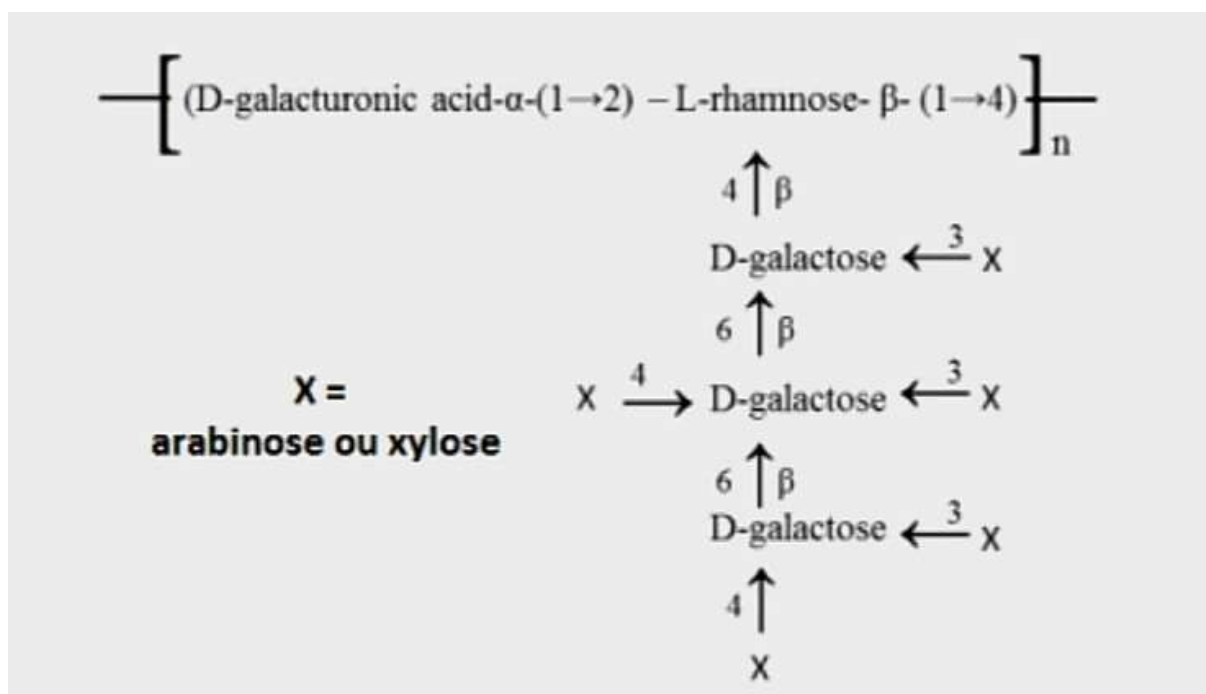


Figure 8: Structure chimique de mucilage des cladodes du figuier de barbarie (El-mostafa et al, 2014).

Le rendement en mucilage d'*Opuntia ficus indica*. Il s'est avéré être de 1,4 % à partir de cladode frais et de 17,95 % à partir de cladode séché (Naod, 2010).

La teneur en mucilage augmente de façon sensible avec l'âge des cladodes et selon les conditions du milieu. Ce composé qui règle les échanges d'eau avec l'environnement, permet aussi la mise en réserve du calcium sous forme d'oxalate (Trachenberg et Mayer, 1982).

La teneur en mucilage des cladodes de cactus est influencée par certains effets associés à la gestion de cette culture. La température du climat, l'irrigation et la pluie peuvent aussi influencer la teneur en mucilage (Saenz, 2000).

La composition en sucres du mucilage de *Opuntia ficus-indica* est résumée dans le Tableau 4.

Tableau 4: Composition en sucre du mucilage extrait de cladodes d'*Opuntia ficus-indica* (Goycoolea et al., 2003).

Composants en sucre du mucilage	Extraction du mucilage à l'éthanol %
Galactose	20.99
Xylose	3.06
Arabinose	17.93
Glucose	0
Rhamnose	1.75
Acide uronique	11
Acide galacturonique	/

1-4-Valorisation des cladodes de figuier de barbarie

Les polysaccharides sont des substrats solides qui se présentent sous la forme de fibres, de granules ou de gels dont les propriétés physico-chimiques et structurales sont intimement liées à leurs structures chimiques et, par conséquent, à leurs biosynthèses.

Cette plante a de nombreux usages dans différents domaines tels que l'agroalimentaire, Cosmétique...

1-4-1-Usages agroalimentaires

Les cladodes sont utilisés pour l'alimentation humaine mais aussi pour l'alimentation animale, les jeunes cladodes sont consommés comme légumes et les adultes servent à la production de confitures de cladodes en saumure, de farines qui pourraient remplacer celle du blé dans différentes préparations. Dans le cas de l'alimentation animale, ils sont utilisés pour l'alimentation des bovins et ovins en produisant des fourrages à base de cladodes, les fleurs servent comme source nutritive très appréciée par les abeilles (Arba, 2009). Le mucilage isolé trouve des applications dans la purification de l'eau potable (Rebah et al., 2017).

1-4-2-Production cosmétique et pharmaceutique

Le mucilage des cladodes est utilisé dans la fabrication des shampoings, des assouplissants des cheveux, des crèmes dermiques et des laits hydratants (Ennouri et al., 2006). Il est également utilisé depuis longtemps par les femmes rurales au Maroc pour assouplir leurs cheveux. Ce mucilage permet également de réduire le taux de cholestérol dans le sang. La poudre séchée des cladodes ou poudre de nopal a également un effet sur le contrôle du sucre et du cholestérol dans le sang (Fernandez et al., 1990). Elle a aussi un effet amincissant et antiglycémique car, la pectine de la poudre diminue le plasma (Frati et al., 1988).

1-4-3-Autres utilisations

Engrais vert : Les résidus des raquettes ou des fruits et les autres parties de la plante constituent un excellent fertilisant (**Anonyme, 2011**).

Protection : Cette plante constitue des haies vives qui permettent la fixation des terrains ravinés par les pluies et stabilisent les terres sablonneuses et sont infranchissables aux animaux sauvages. Elles nécessitent peu d'entretien tout en offrant la richesse de leurs fruits et de leurs raquettes. Néanmoins, il faut tenir compte du caractère invasif de cette plante

Combustible : C'est une plante qui fournit un excellent bois de chauffage et une flamme éclairante (**Anonyme, 2011**).

2-les écorces de grenade

L'écorce du fruit du grenadier est également appelée malicorium. Il s'agit de la partie dure du fruit. Elle est généralement utilisée séchée, sous la forme de morceaux brunâtres ou vert rougeâtre à l'extérieur, un peu verruqueux, brillants, jaunâtres sur la face intérieure concave, portant souvent l'empreinte des graines qui y étaient appliquées. Ces fragments sont de consistance coriace. Ils sont formés d'un parenchyme de cellules à parois minces, au milieu desquelles on distingue des groupes de cellules pierreuses et des faisceaux fibro-vasculaires. La saveur de l'écorce de grenade est amère et astringente (**Planchon et al., 1875**)



Figure 9: Grenade (Pomgranate) (**Planchon et al., 1875**).

2-1-Historique

Le grenadier est originaire de Perse et de la zone méditerranéenne (**Jahromi et Doostkam, 2019**). Il a été introduit de la région méditerranéenne dans le reste de l'Asie, de l'Afrique du nord, de l'Europe et dans la péninsule indienne où elle a été signalée pour la première fois en Indonésie au 15^{ème} siècle (**Da Silva et al., 2013**).

Les grenades comestibles ont été cultivées en Perse (Afghanistan, Iran et Turquie) entre 3000 et 4000 ans, et étaient également présentes à Ariha (Palestine). En 2000, les Phéniciens avaient établi des colonies de la mer méditerranée en Afrique du nord, apportant des grenades à la Tunisie et à l'Égypte. À peu près au même moment, les grenades se naturalisent dans l'ouest de la Turquie et de la Grèce (**Stover et Mercure, 2007**) (**Da Silva et al., 2013**) (**Kushwaha et al., 2020**).

La grenade a continué à être dispersée dans le monde entier, atteignant la Chine vers 100 BCE. En 800 BCE, le fruit était répandu dans tout l'Empire romain, y compris en Espagne.

Dans le même temps, il était connu pour être largement cultivé dans le centre et le sud de l'Inde. Au début des années 1400, la grenade avait fait son chemin vers l'Indonésie. Dans les années 1500 et 1600, les Espagnols ont introduit cette espèce en Amérique centrale, au Mexique et en Amérique du Sud (Stover Ed et Mercure Ew, 2007).

2-2-Taxonomie

Le nom scientifique actuel de grenade, *Punica granatum*, est dérivé du nom Pomum (pomme) granatus (graine), ou pomme ensemencée (pomme épépinée) (Tableau 5).

Tableau 5: Taxonomie du genre *Punica granatum* L (Da Silva et al, 2013) ;(Zeynalova et No vruzov, 2017) ;(Chen et al., 2019).

Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidées
Ordre	Myrtales
Famille	Lythracées
Genre	Punica
Espèce	Punica granatum L

2-3-Composition chimique de l'écorce

- **Glucide**

La peau de grenade contient des glucides bruts (78 %) qui sont des glucides lignocellulosiques qui étaient principalement des glucides structuraux, de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine (El-hadary et al., 2020).

- **Lipide**

Elle contient (2,25 %) de lipide en particulier α -glucosidase d'acétate d'éthyle, hexane, méthanol (Barathikannan, 2016).

- **Fibre**

Elle contient (12 %) de fibres solubles représentée par Polysaccharides en particulier les β -glucanes et La pectine (Gullon, 2020). La composition d'écorce de grenade est indiquée dans la figure10.

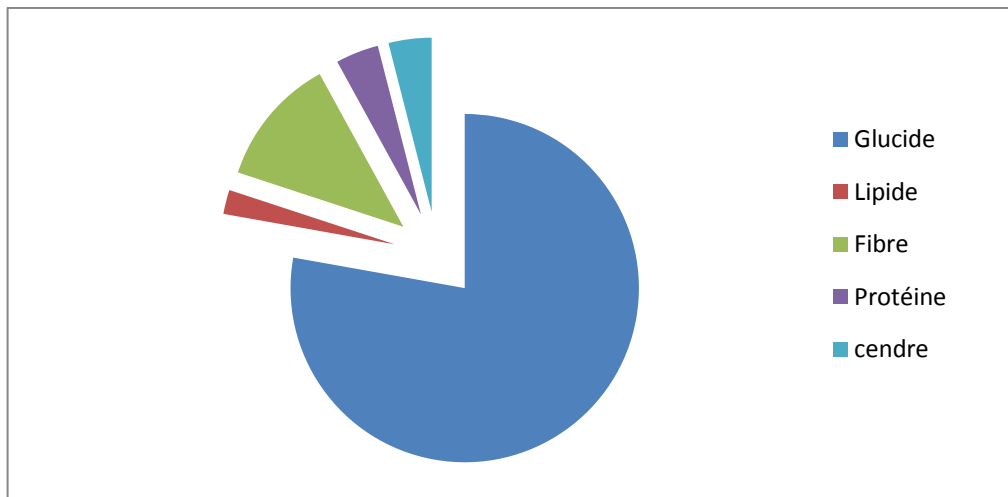


Figure 10: Composition d'écorce de grenade (El-hadarye, 2020).

2-4-Valeur nutritive d'écorce de grenade

Les résultats de (Mirdehghan et al., 2006) démonte que l'écorce du grenadier est une bonne source de nutriments, la tenue en micronutriments était $B > Fe > Zn = Mn > Cu$ et macronutriments était $K > N > Ca > P > Mg > Na$. Le calcium est plus abondant que le sodium. La concentration de macro et micronutriments varié selon la variété de la grenade, les conditions agro-climatiques et environnementales.

2-5- Propriétés d'écorce de grenade

L'un des principaux composés responsables de la plupart des propriétés fonctionnelles de nombreux aliments dont l'écorce de grenade sont les composés phénoliques (Viuda-martos et al., 2010) qui sont des molécules organiques hydrosolubles largement retrouvées dans le règne végétal et ils sont issus du métabolisme secondaire des plantes.

2-6- Valorisation des écorces de grenade

L'écorce de grenade peut être utilisée directement dans les matières premières animales et les cosmétiques. Des produits à valeur ajoutée peuvent être obtenus à partir d'écorces de grenade par des modifications physico-chimiques ou par des opérations unitaires. La fermentation de l'écorce de grenade séchée et en poudre produit des enzymes, des protéines unicellulaires, du biogaz/méthane, etc. Des processus unitaires tels que l'extraction par solvant suivi d'une méthode de séparation appropriée peuvent être utilisés pour produire des produits chimiques à haute valeur ajoutée tels que des composés médicinaux, des composés bioactifs, des pigments et des fibres alimentaires. Des extraits d'écorce de grenade avec des sels métalliques peuvent être utilisés pour la synthèse de nanoparticules. L'écorce de grenade avec des modifications

physiques/chimiques est un adsorbant efficace des métaux lourds et des colorants (**Pathak et al., 2017**) (figure11).

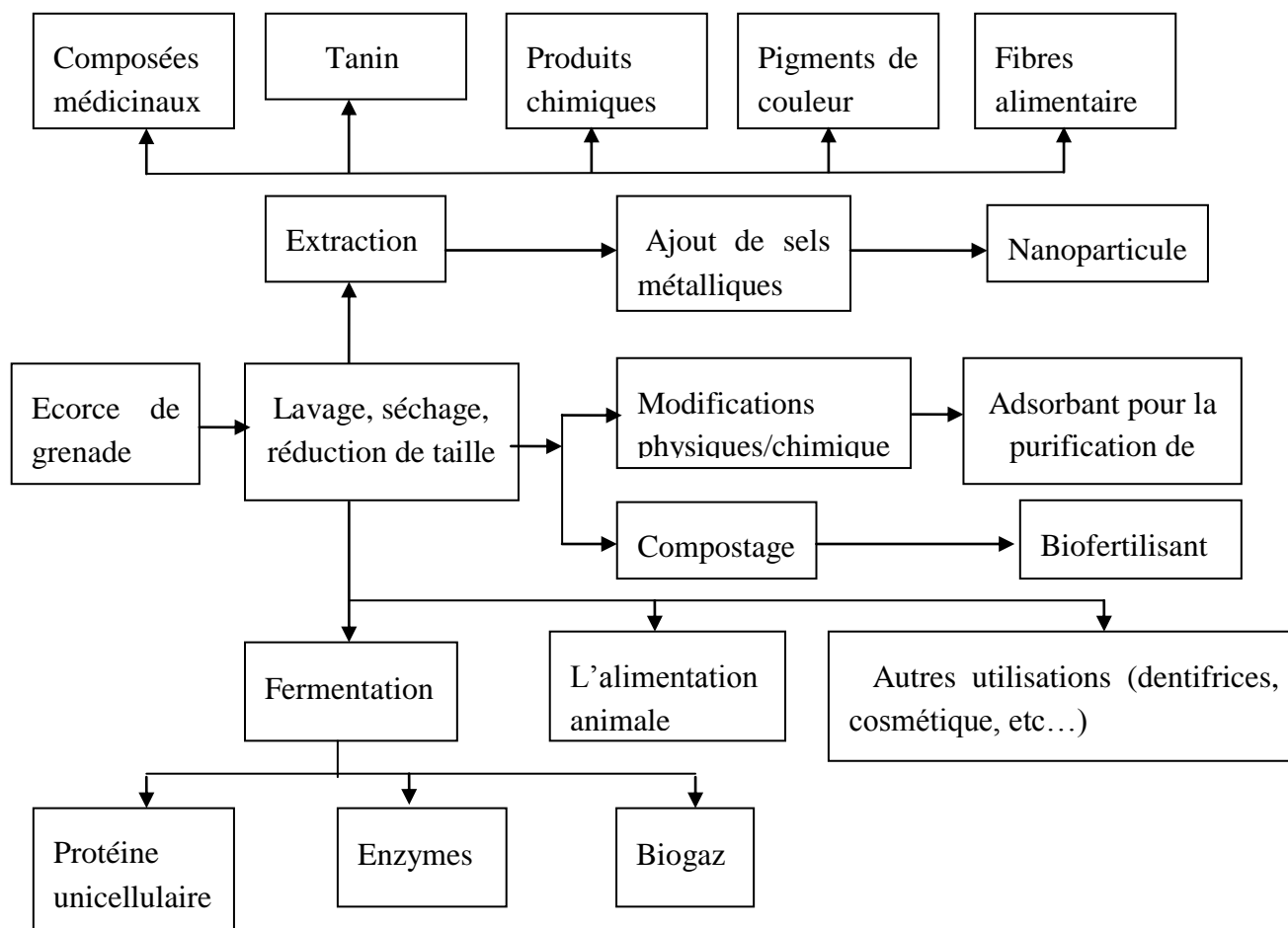


Figure 11: Schéma de la bio-raffinerie d'écorces de grenade (**Pathak et al., 2017**).

3-Les margines

Selon (**Fedila et Tibarious, 2016**), les margines sont des déchets visqueux issus de la fraction liquide des olives et de l'eau, qui peut être ajoutée lors du processus de trituration. Les déchets présentent une couleur brune à brune-rougeâtre, légèrement acide (pH de 4,5 à 5), avec une conductivité électrique élevée et une forte charge saline (potassium et phosphates) (**Chouchene, 2012**). Ils contiennent principalement des composés insolubles tels que des pulpes d'olives, des matières en suspension et des colloïdales, ainsi que des composés solubles tels que des sucres, des lipides, des sels minéraux et des composés phénoliques (**Roussaset al., 2009**). La variété d'olive, les conditions climatiques, les pratiques culturelles, le temps de stockage (entreposage) et le procédé d'extraction sont autant de facteurs qui influencent sa qualité et sa quantité (**Ouadjir et Yahiaoui, 2016**).



Figure 12: Les margines (Original).

3-1-Composition

Selon Aggoun, (2016), les margines ont une composition pondérale et spécifique qui dépend de divers facteurs tels que la variété et la maturité des olives, les conditions climatiques et les caractéristiques du sol, mais sont généralement composés de :

- Un taux d'eau de 83-94 % ;
- Un taux de substances organiques de 4-16 % ;
- Un taux de minéraux de 0,4-2,5 %, et 170 Kg de déchets secs par 1m³ de surface.

3-2-Valorisation

Les margines peuvent être utilisées pour avoir un compost fertilisant pour les sols à cause de leurs richesses en phosphore et en potassium et l'absence de micro-organismes pathogènes. Elles sont aussi utilisées dans la fabrication des produits pharmaceutiques et cosmétiques (savon Marseille) car ce sont des antioxydants naturels purs (Dermeche, 2013).

Matériels

Et

Méthodes

Objectif et le lieu de l'étude

Le présent travail a été réalisé au niveau du Laboratoire de Recherche de Microbiologie et Biotechnologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, durant la période comprise entre mis Avril et fin juin de l'année universitaire 2023-2024. Cette étude porte sur la valorisation de ressources naturelles, collectées au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou, pour leur utilisation dans la formulation d'un emballage biologique qui serait respectueux pour la santé et l'environnement.

1 Matériels

1-1-Matériels végétales

1-1-1-Les cladodes du figuier de barbarie

Les échantillons des cladodes utilisés ont été récupérés dans la région des Ouadhias (cladodes internes) et dans la région d'azazga (cladodes externes) de la wilaya de Tizi-Ouzou. Les échantillons ont été récupéré puis laver et couper, ensuite conservés dans le congélateur jusqu'à leurs utilisation pour l'extraction.



Figure 13 : Etapes d'échantillonnage des cladodes du figuier de barbarie.

1-1-2-Les écorces de grenades

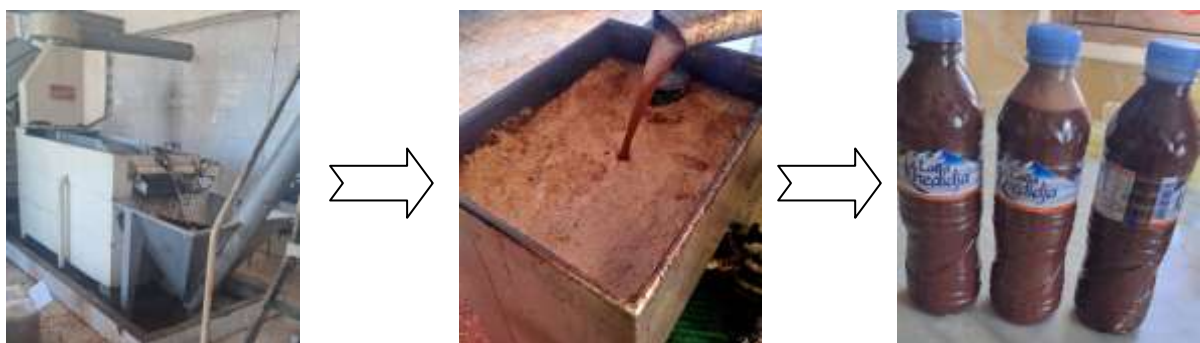
Lors de cette expérimentation nous avons utilisé un échantillon de grenades, commercialisé dans la région de Tizi-Ouzou Mars 2024. Après la consommation c'est la récupération des écorces de grandes puis les couper, sécher a une température qui ne dépasse pas 45° C.



Figure 14 : Etapes d'échantillonnages des grenades.

1-1-3- Les margines

Dans cette expérimentation un échantillon de margines issus d'une huilerie moderne, située dans la région de Ouadhias (Tizi-Ouzou) a été collecté lors de la campagne oléicole Janvier 2024. Ces margines ont été transférées immédiatement après leur récupération dans des bouteilles en plastique et conservées au congélateur à -20° C jusqu'à ce qu'elles soient utilisées.



Figures 15 : Etapes d'échantillonnages des margines.

1-2- Appareils, verrerie et produits chimiques utilisés

1-2-1-Appareillage

Les différents appareils utilisés dans cette étude

- Spectrophotomètre UV visible ;
- Étuve réglée à 40°C ;
- Bain marie ;
- Agitateur magnétique ;
- Congélateur et réfrigérateur ;
- Rota-vapeur ;
- Hotte ;
- Centrifugeuse ;
- Balance de précision ;
- pH mètre ;
- Broyeur ;
- Mixeur.

1-2-2- Verrerie et le petit matériel consommable

La verrerie, le petit matériel et le consommable utilisé dans cette étude sont :

- Pipettes graduées et pipettes Pasteur stériles ;
- Eppendorfs tubes ;
- Embouts;
- Barreaux magnétiques;
- Boîtes pétris;
- Tubes ECBU;
- Flacons en verre;
- Flacons en plastiques;
- Papier filtre;
- Tissu de filtration;
- Les spatules;
- Cristallisoirs (grands, petits) ;
- Tubes à centrifuger;
- Mortier;
- Tamis.

1-2-3- Produits chimiques, solvants et réactifs

Les différents produits chimiques, solvants et réactifs utilisés sont :

- Ethanol ;
- Glycérol ;
- Acide citrique ;
- Acétate d'éthyle ;
- Alginate de sodium ;
- HCl4*N.

2- Méthodes

2-1- préparation de l'extrait des cladodes internes du figuier de barbarie

La première étape c'est de bien laver les cladodes avec l'eau distillé et éplucher la couche verte supérieure, puis couper la partie interne des cladodes à des petits morceaux et les broyer, filtrer pour avoir un mucilage pure (figure 16).

2-1-1- Le mucilage avec l'acide citrique

Dans un flacon de 1 litre mettre 250 ml de mucilage avec 250 ml d'acide citrique puis chauffer à 80° C pendant une heure dans un bain marie. Après refroidissement il faut filtrer le mélange, et rajouter 400 ml d'éthanol 96°, puis laisser cette préparation à une température ambiante pendant 24 heures. Après cette durée nous avons récupéré le gel et centrifuger, par la suite nous avons effectué un lavage avec de l'éthanol. Après la centrifugation (RCF à 8000 tours) la solution (gel) est propre et pure prêt à sécher dans l'étuve à 40° C pendant 1 heure, La matière sèche sera récupérée et écrasée à l'aide d'un mortier et la mettre dans des eppendorfs (**Hussain et al ., 2020**).

2-1-2- Le mucilage avec l'eau distillé

Dans un flacon de 1 litre mettre 300 ml de mucilage avec 100 ml de l'eau distillée puis chauffer à 80° C pendant une heure dans un bain marie. Après refroidissement il faut filtrer le mélange, et rajouter 250 ml d'éthanol 96°, puis laisser cette préparation à une température ambiante pendant 24 heures. Après cette durée, le gel a été récupéré, centrifugé puis lavé avec de l'éthanol. Après la centrifugation (RCF à 8000 tours) la solution (gel) est propre, pure et prête à être séchée dans l'étuve à 40° C pendant 1heure, La matière sèche sera récupérée et écrasée à l'aide d'un mortier et la mettre dans des eppendorfs (**Hussain et al ., 2020**).

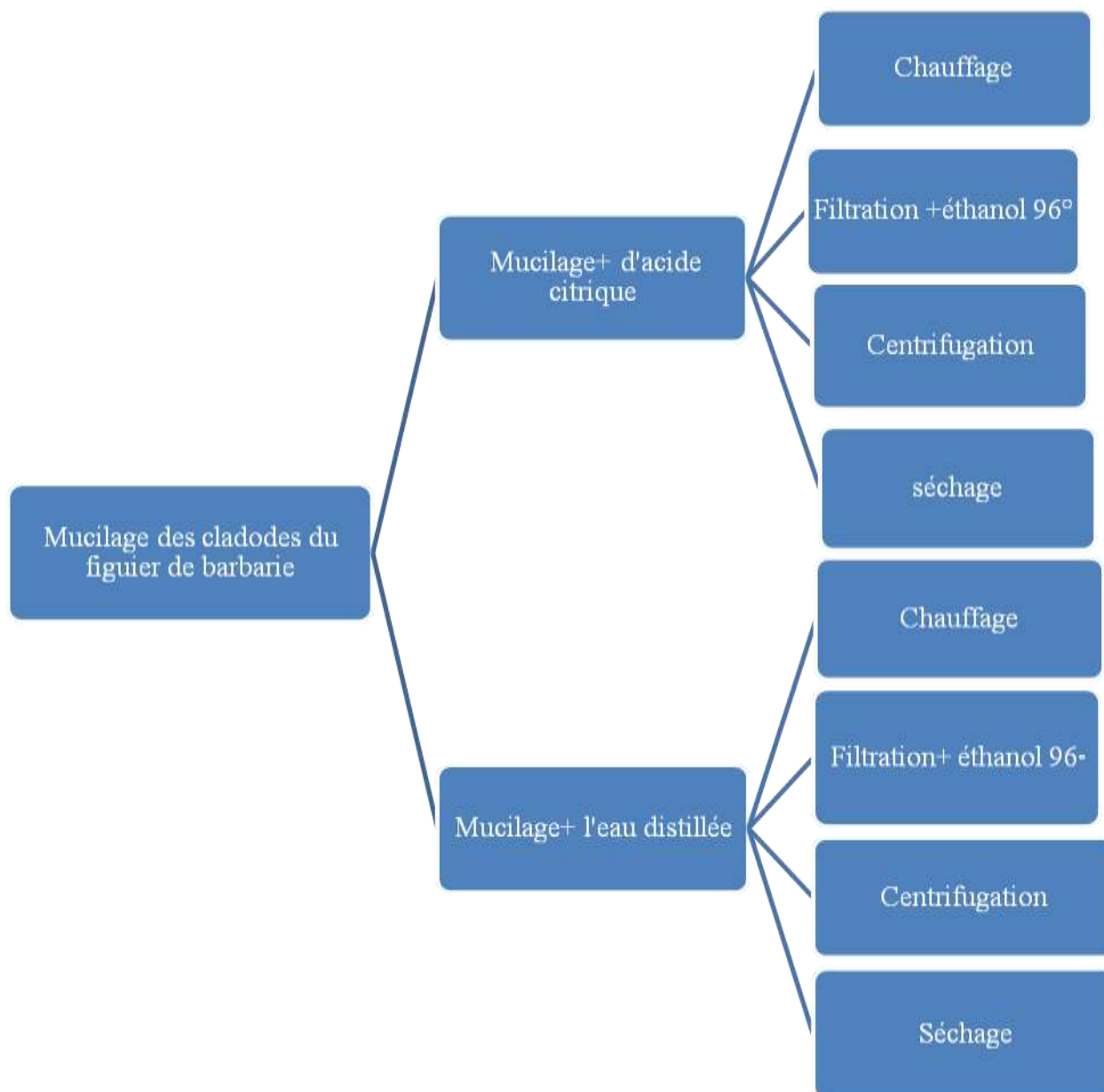


Figure 16 : Diagramme des étapes de préparation des extraits des cladodes du figuier de barbarie.

2-2- préparation de l'extrait des écorces de grenade

La première étape après avoir récupéré les écorces de grenade c'est de bien sécher ces derniers à une température qui ne dépasse pas 45 °C puis les broyer pour avoir une poudre.

Cette poudre doit être bien fine et pour cela il faut la tamiser à l'aide d'un tamis, puis la peser (20g chacun) (figure 17).

2-2-1- La poudre des écorces de grenade avec l'acide citrique

Dans un flacon de 500ml, mettre 20g de poudre de grenade avec 250 ml d'acide citrique puis chauffer à 80° C pendant une heure dans un bain marie. Après refroidissement il faut filtrer le

mélange, et rajouter 250 ml d'éthanol 96°, puis laisser cette préparation à une température de 4° C pendant 24 heures après cette durée, le gel a été récupéré, centrifugé puis lavé avec de l'éthanol. Après la centrifugation (RCF à 8000 tours) la solution (gel) est propre, pure et prêt à être séché dans l'étuve à 40° C pendant 3 heures, La matière sèche sera récupérée et écrasée à l'aide d'un mortier et la mettre dans des eppendorfs.

2-2-2- la poudre des écorces de grenade avec l'éthanol

Dans un flacon de 500 ml, mettre 40 g de poudre de grenade 400 ml d'éthanol 99.8°, agiter le mélange avec l'agitateur pendant 2 heures puis filtrer. Laisser le flacon à une température ambiante.

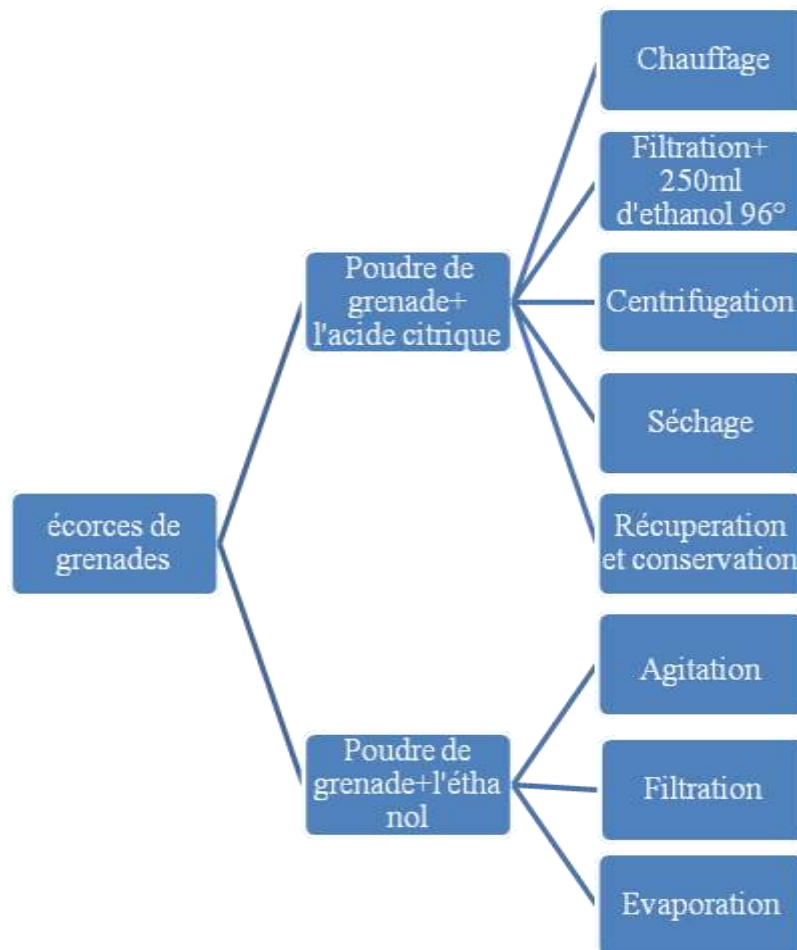


Figure 17 : Diagramme des étapes de préparation des extraits de grenade.

2-3-Préparation de l'extrait des margines

2-3-1-Extraction des polyphénols à partir des margines brutes

Les margines, après décongélation, sont en premier lieu additionnées d'un volume d'acétate d'éthyle (V/V), puis soumises à une agitation magnétique pendant 2 heures afin d'assurer un maximum de contact entre le solvant et les biomolécules actives des margines. Le mélange est porté dans des flacons puis centrifugé pendant 10 minutes à 4000 tours sous une température de 10° C, le surnageant est ainsi récupéré, puis évaporé dans un rotavapor jusqu'à l'obtention d'extrait final. Pour 400 ml du surnageant, 45 ml d'extrait a été récupéré (Dermeche et al, 2013).

2-3-2-Extraction des polyphénols à partir des margines acidifiées au laboratoire

Les margines sont d'abord acidifiées de leur pH initial (pH=4,86) jusqu'au pH=2 à l'aide d'une solution d'HCl4*N. La procédure d'extraction est la même que celle décrite précédemment pour les margines non acidifiées (Figure15). L'extrait sans acidification et celui récupéré sur des margines acidifiées sont notés respectivement, MA, MAA (figure 18).

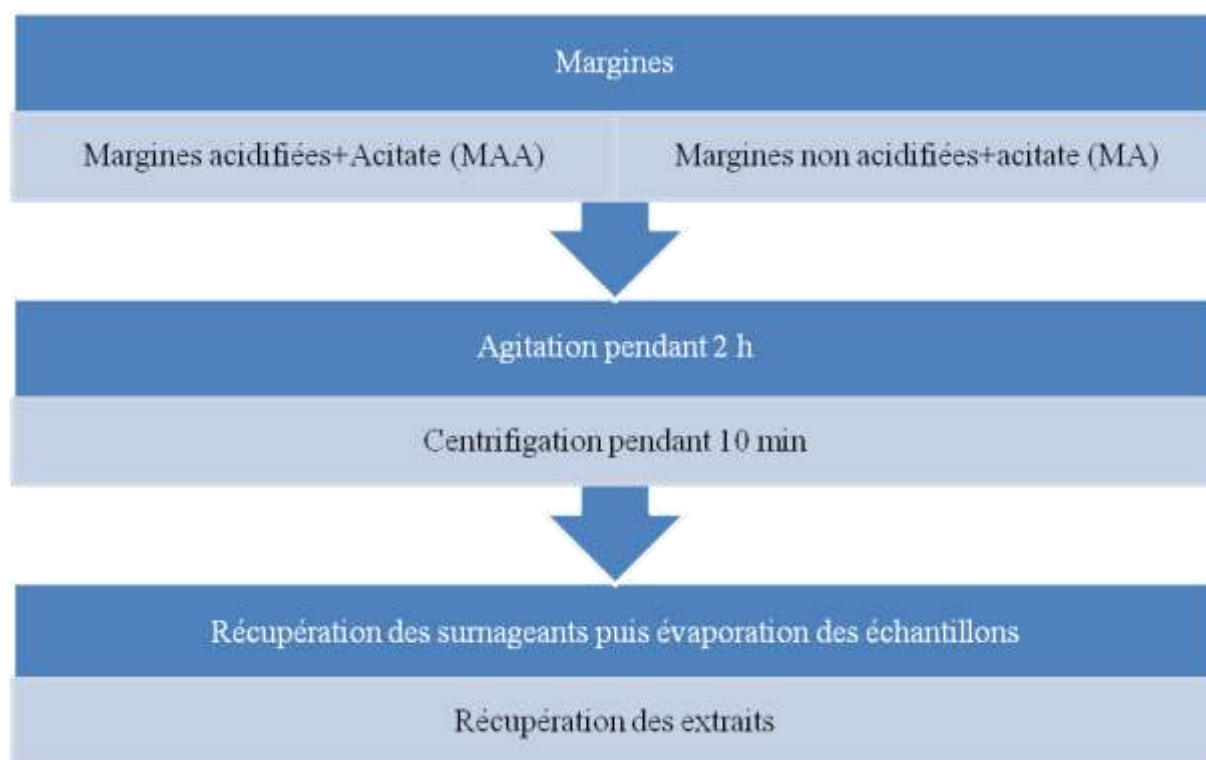


Figure 18: Diagramme des différentes étapes de l'extraction des composés phénoliques des margines.

2-4- Préparation des films biologiques

Pour la préparation des films biologiques plusieurs formulations (tableau 6) ont été préparées avec de l'alginate de sodium (SA), de glycérol (GLY), de cladodes internes (CI) et acidifiés (CIA) et eau distillé (CIE), de cladodes externes (CEX), de l'extrait de margines (EMA ou EMAA) et l'extrait de grenade (GN), et un autre échantillon de cladode (CLAD).

➤ Mode opératoire

Le protocole :

1 g de SA avec 100 ml de l'eau distillée puis chauffée dans le bain marie à 70° C sous une agitation pendant 15 min à l'aide d'un agitateur magnétique.

0.5 g de l'extrait de CIA avec 50 ml de l'eau distillée puis chauffée dans le bain marie à 70° C sous une agitation pendant 15 min à l'aide d'un agitateur magnétique.

0.5 g de l'extrait de CIE avec 50 ml de l'eau distillée puis chauffée dans le bain marie à 70° C sous une agitation pendant 15min à l'aide d'un agitateur magnétique.

1 g de CLAD avec 100 ml de l'eau distillée puis chauffée dans le bain marie à 70° C sous une agitation pendant 15 min à l'aide d'un agitateur magnétique.

0.5 g de GNA avec 50 ml de l'eau distillée puis chauffée dans le bain marie à 70° C sous une agitation pendant 15min à l'aide d'un agitateur magnétique.

Les différentes formulations du film: F1 jusqu'à F20 sont affichées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Les différentes formulations des films préparés.

Xg Film s	GLY	SA	CIA	CIE	EMAA	EMA	GNA	CLAD	CI	CEX
F1	0.06 g		12 ml							
F2	0.06 g	6 ml	6 ml							
F3	0.06 g		12 ml		4000 ul					
F4	0.06 g		12 ml			4000 ul				
F5	0.06 g			12 ml						
F6	0.06 g	6 ml		6 ml						
F7	0.06 g			12 ml	4000 ul					
F8	0.06 g			12 ml		4000 ul				
F9	0.06 g						12 ml			
F10	0.06 g	6 ml					6 ml			
F11	0.08 g					5000 ul	16 ml			
F12	0.08 g				5000 ul		16 ml			
F13	0.08 g	16 ml								

F14	0.08 g	16 ml				5000 ul				
F15	0.08 g	16 ml			5000 ul					
F16	0.08 g							16 ml		
F17	0.08 g	8 ml						8 ml		
F18	0.08 g					5000 ul		16 ml		
F19	0.08 g				5000 ul			16 ml		
F20	0.08 g	5 ml		14 ml						
F21	0.35 g								71.5 ml	
F22	0.39 g									77ml
F23									82.5 ml	
F24	0.4 g								41 ml	41 ml
F25										82.5 ml
F26									67 ml	67 ml

Les solutions sont versées dans des boîtes de pétries en verre et sécher à une température de 55° C pendant 24 h.

2-5-Caractérisation structurale par spectroscopie infrarouge

La spectroscopie infrarouge est utilisée pour identifier les molécules présentes dans un échantillon, déterminer leur composition et leurs configurations structurales. Elle est particulièrement utile pour analyser les matériaux cimentaires, les polymères et les composés organiques.

Cette technique est utilisée dans le cadre de la caractérisation structurale des films plastifiés. L'appareillage utilisé pour le laminage des films était un spectromètre infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF), (spectromètre PERKIN ELMER FTIR modèle SPECTRUM 1000).

Résultats

Et

Discussions

Les extraits des cladodes du figuier de barbarie, l'extrait de grenade et l'extrait des margines sont illustrés sur les figures 19, 20, 21, 22 et 23:

- Poudre de l'extrait des cladodes 1.9387 g ;
- Poudre de l'extrait des cladodes acidifiés 1.5861 g ;



Figure 19: L'extrait des cladodes acidifiés.



Figure 20: L'extrait des cladodes.

- Poudre de l'extrait de grenade acidifiée (1) 0.7878 g ;
- Poudre de l'extrait de grenade acidifiée (2) 0.2825 g ;



Figure 21: l'extrait de grenade acidifié.

- L'extrait des margines brutes 90 ml ;



Figure 22: L'extrait des margines brutes.

- L'extrait des margines acidifiés 100 ml ;














Figure 23: L'extrait des margines acidifiés.




2-les films élaborés et leurs caractéristiques :

Au cours de cette étude nous avons pu réussir à formuler des films de différentes substances naturelles et nous avons sélectionné certains de ces films qui sont illustrés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Les différents films élaborés et leurs caractéristiques.

Noms des films	Photographies	Aspect visuel	Texture	Déformabilité	Solubilité	Odeur
Film à base de SA+ GLY		Couleur invisible	Lisse	Très bonne	Bonne	Absence
Film à base de CLADE+GLY		Couleur Transparente	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne
Film à base de CLAD+SA		Couleur Invisible	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne
Film à base de CI		Couleur verte	Rêche	Bonne	Bonne	Forte
Film à base de CLADE+SA		Couleur Transparente	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne

Film à base de CLADA+GLY		Couleur Transparente	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne
Film à base de CI+GLY		Couleur Verte	Lisse	Bonne	Bonne	Forte
Film à base de GREN+GLY		Couleur Marron	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne
Film à base de CLAD+GLY		Couleur Vert clair	Lisse	Bonne	Bonne	Moyenne
Film à base de CEX+GLY		Couleur Marron foncé	Rêche	Bonne	Bonne	Forte
Film à base de CLADA+SA		Couleur Invisible	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne

Film à base de GREN+SA		Couleur Marron	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne
FILM à base de CI+CEX+GLY		Couleur verte	Rêche	Bonne	Bonne	Forte
Film à base de CLADE+SA		Couleur Invisible	Lisse	Très bonne	Bonne	Moyenne

3-Résultats d'analyse par spectrophotométrie Infrarouge

A-film à base des cladodes internes

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 24 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et que nous avons résumés dans le tableau 8.

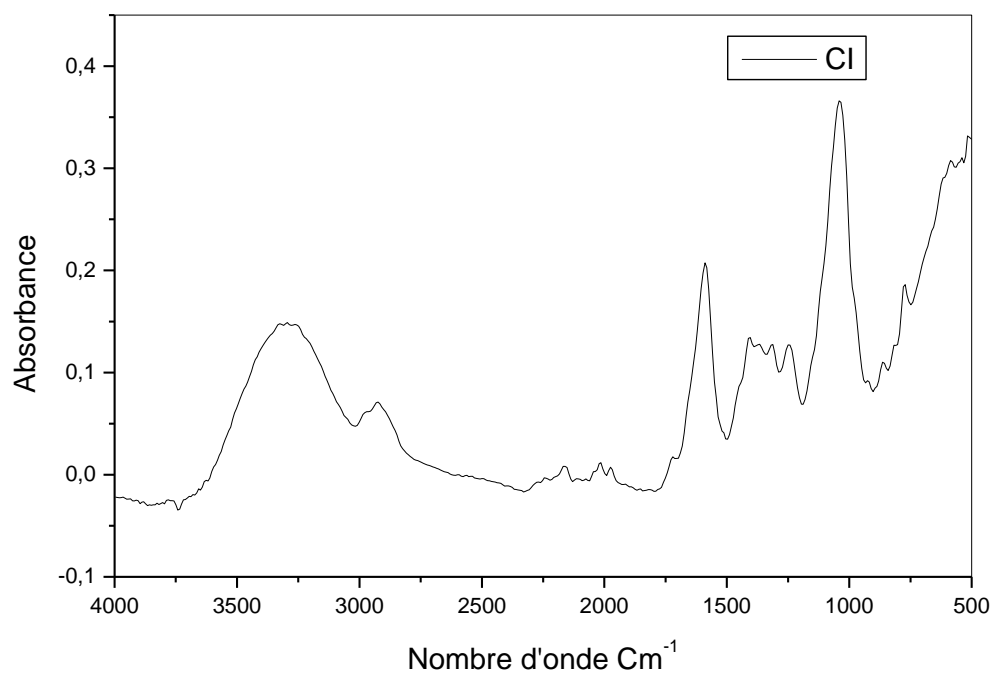


Figure 24 : Spectre infrarouge du film à base des cladodes internes.

Tableau 8 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes internes.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupements fonctionnels
- 3292	- OH
- 2920	- CH ₃
- 1591	- NH ₂ (déformation) amide primaire
- 1408	- C=O, OH
- 1041	- P-OH, -C-O-C- et OH
- < 1000	- Groupes aromatiques

B- film à base des cladodes internes et le glycérol

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 25 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et que nous avons résumés dans le tableau 9.

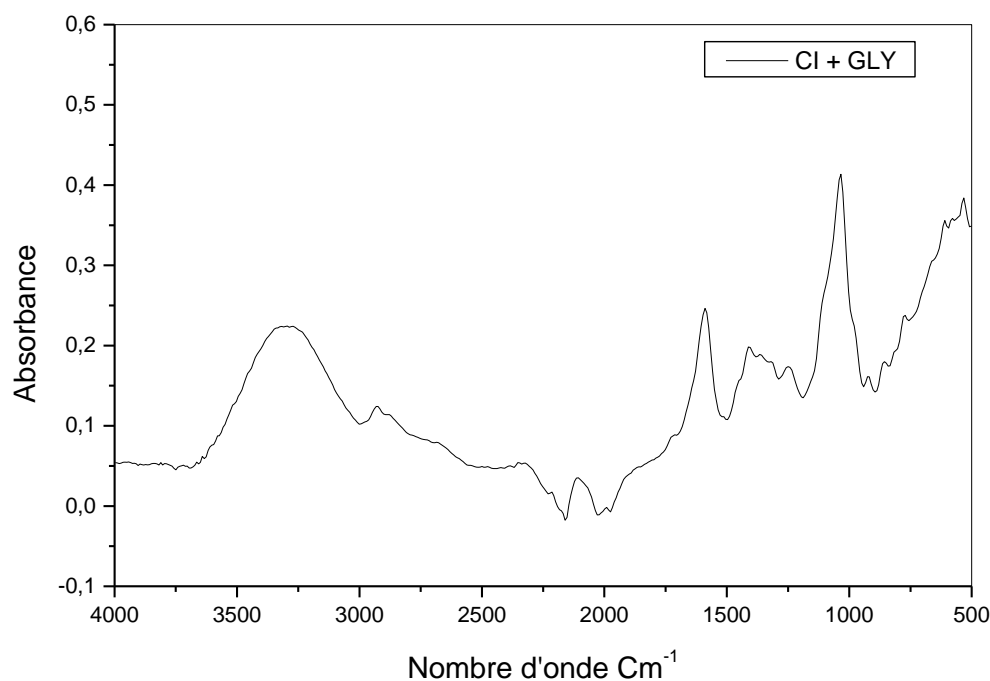


Figure 25 : Spectre infrarouge du film à base des cladodes internes et le glycérol.

Tableau 9 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes internes et le glycérol.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupements fonctionnels
- 3292	- OH
- 2920	- CH ₃
- 1591	- NH ₂ (déformation) amide primaire
- 1408	- C=O, OH
- 1041	- P-OH, -C-O-C- et OH
- < 1000	- Groupes aromatiques

C- film à base des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 26 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol et que nous avons résumés dans le tableau 10.

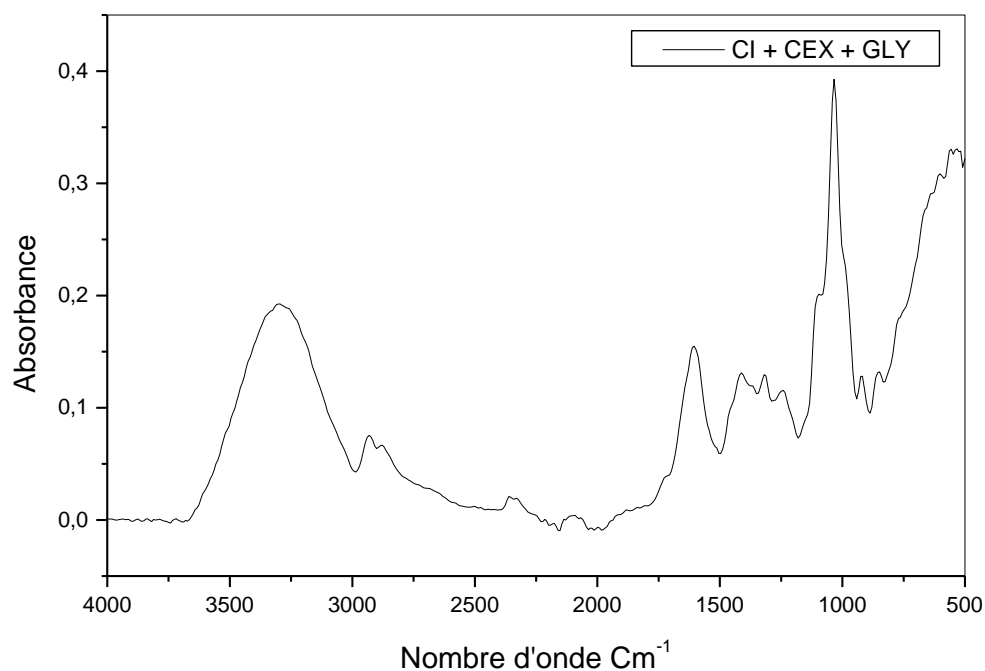


Figure 26 : Spectre infrarouge du film à base des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol.

Tableau 10 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes internes et cladodes externes et le glycérol.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupe ment fonctionnel
- 3292	- OH
- 2920	- CH ₃
- 1617	- C=O, NH ₂ (déformation) amide primaire
- 1408	- C=O, OH
- 1041	- P-OH, -C-O-C- et OH
- < 1000	- Groupes aromatiques

La figure 27 représente la superposition des spectres infrarouges des films contenant les cladodes et le glycérol.

La bande située entre 3200-3500 est attribuée à la vibration d'élongation d'hydroxyle (OH) qui indique la présence d'un alcool associé aux polysaccharides (Barka et al., Ali Wahab et al.,)

Nous avons enregistré l'augmentation de l'intensité de la bande située à 3292 Cm^{-1} dans le cas des films à base des cladodes internes et externes avec le glycérol et ainsi que les cladodes internes avec le glycérol par rapport aux cladodes internes, cette augmentation est causée par l'addition du glycérol.

Globalement, nous remarquons la présence des mêmes bandes caractéristiques dans les trois films considérés.

La bande observée à 1617 est attribuée à une élongation de la fonction -C=O des acides carboxyliques, elle peut être aussi liée à une déformation de la liaison NH_2 amide primaire existant dans les protéines.

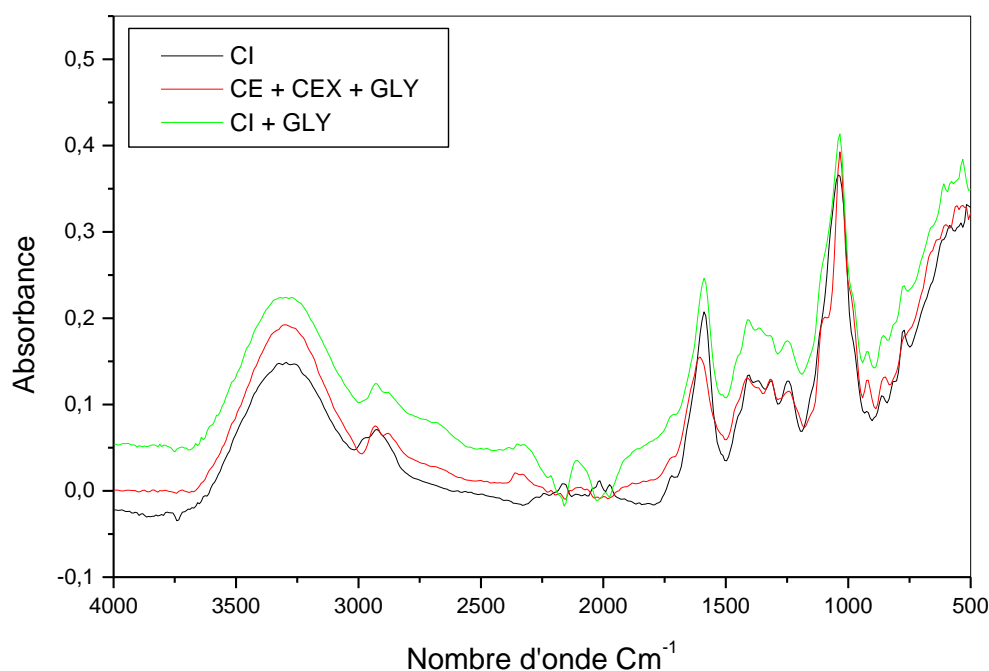


Figure 27 : Spectres infrarouges des films à base des cladodes internes, externes et le glycérol.

D- film à base de l'extrait des cladodes et le glycérol

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 28 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et que nous avons résumés dans le tableau 11.

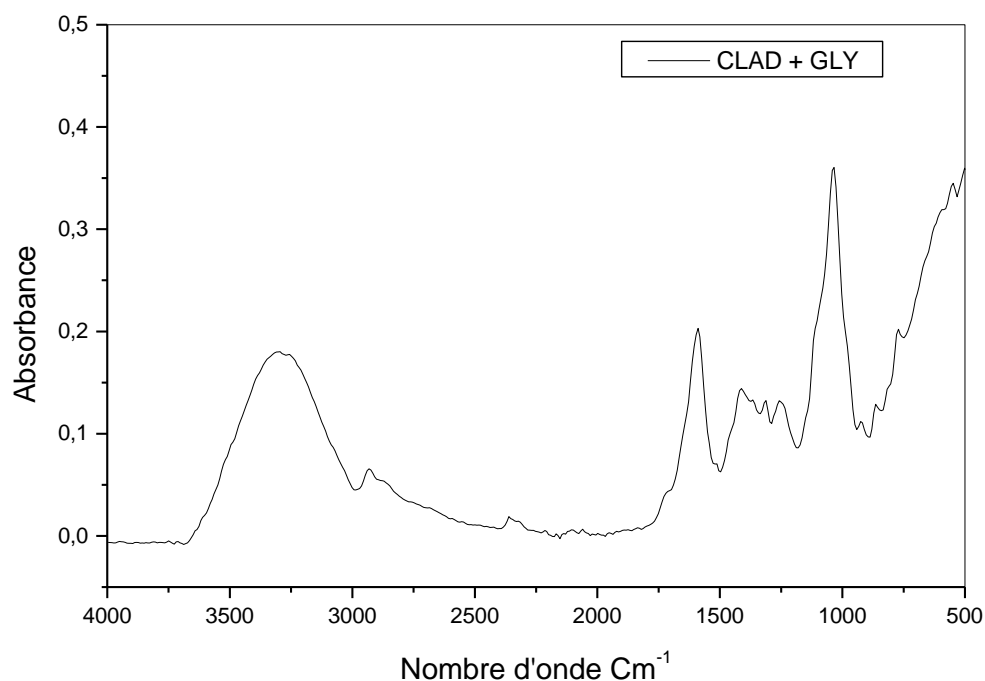


Figure 28 : Spectre infrarouge du film à base de l'extrait des cladodes et le glycérol.

Tableau 11 : Fréquences caractéristiques groupements fonctionnels de l'extrait cladodes et le glycérol.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupements fonctionnels
- 3292	- OH
- 2920	- CH ₃
- 1591	- NH ₂ (déformation) amide primaire
- 1408	- C=O, OH
- 1041	- P-OH, -C-O-C- et OH
- < 1000	- Déformation hors du plan (C-H)

E- film à base de l'extrait des cladodes acidifiés et le glycérol

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 29 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et que nous avons résumés dans le tableau 12.

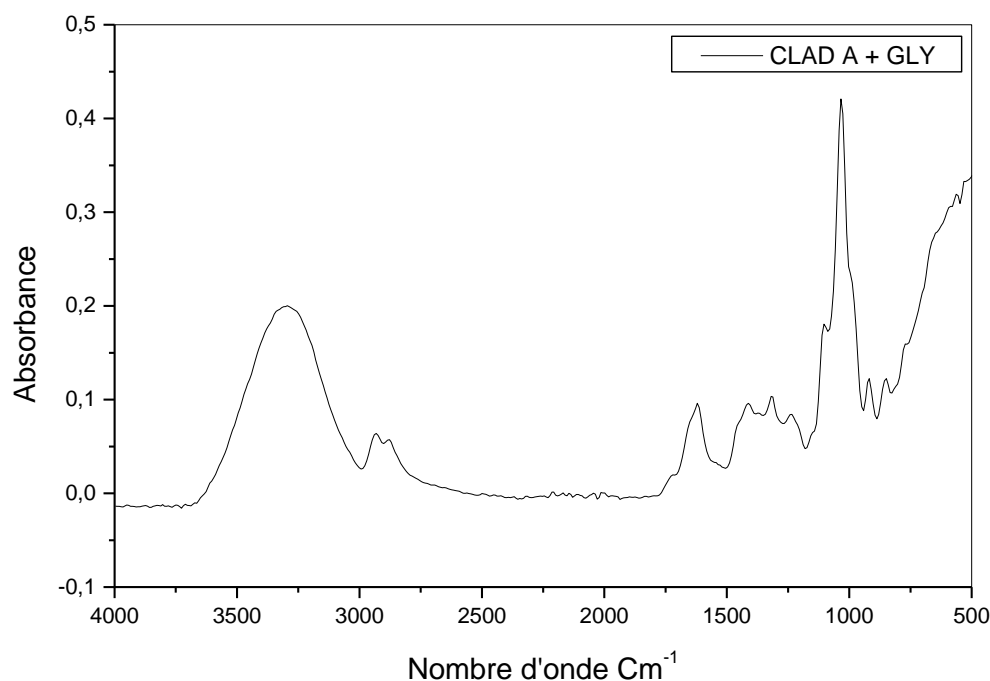


Figure 29 : Spectre infrarouge du film à base de l'extrait des cladodes acidifiés et le glycérol.

Tableau 12 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels des cladodes acidifiés et le glycérol.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupe ment fonctionnel
- 3292	- OH
- 2920	- CH ₃
- 1617	- C=O, NH ₂ (déformation) amide primaire
- 1408	- C=O, OH
- 1041	- P-OH, -C-O-C- et OH
- < 1000	- Groupes aromatiques

F- film à base de l'extrait cladodes eau distillé et le glycérol

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 30 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et que nous avons résumés dans le tableau 13.

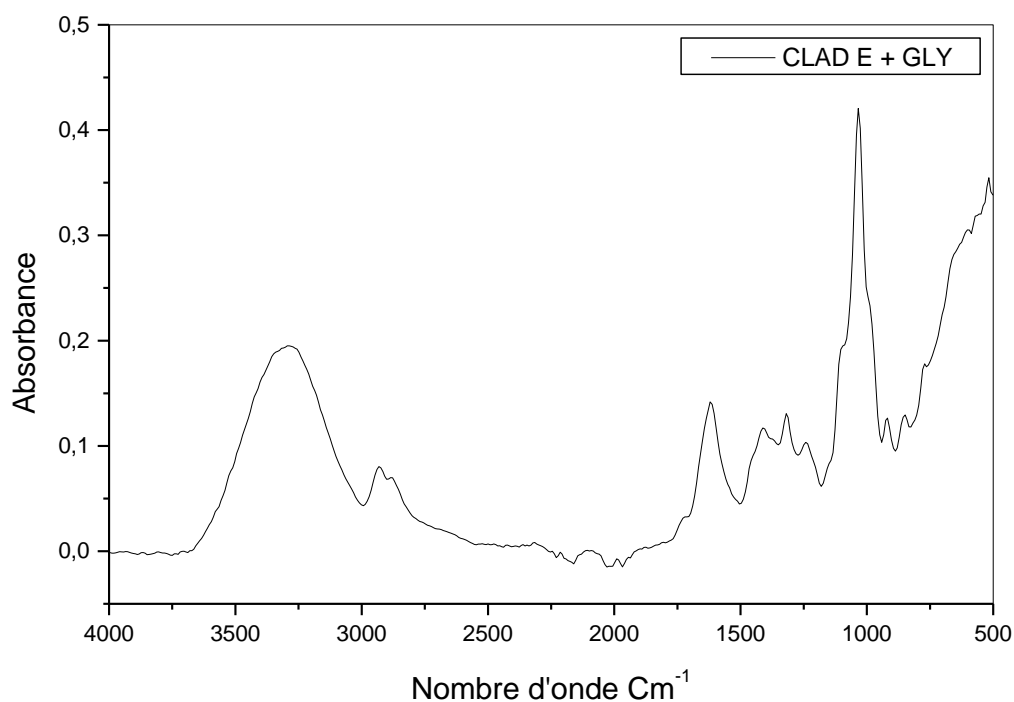


Figure 30 : Spectre infrarouge du film à base de l'extrait des cladodes eau distillé et le glycérol.

Tableau 13 : Fréquences caractéristiques groupements fonctionnels de l'extrait cladodes eau distillé et le glycérol.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupement fonctionnel
- 3292	- OH
- 2920	- CH ₃
- 1617	- C=O, NH ₂ (déformation) amide primaire
- 1408	- C=O, OH
- 1041	- P-OH, -C-O-C- et OH
- < 1000	- Groupes aromatiques

G- film à base de l'extrait de grenade acidifiée

Le spectre infrarouge illustré sur la figure 31 identifié un certain nombre de bandes caractéristique des cladodes internes et que nous avons résumés dans le tableau 14.

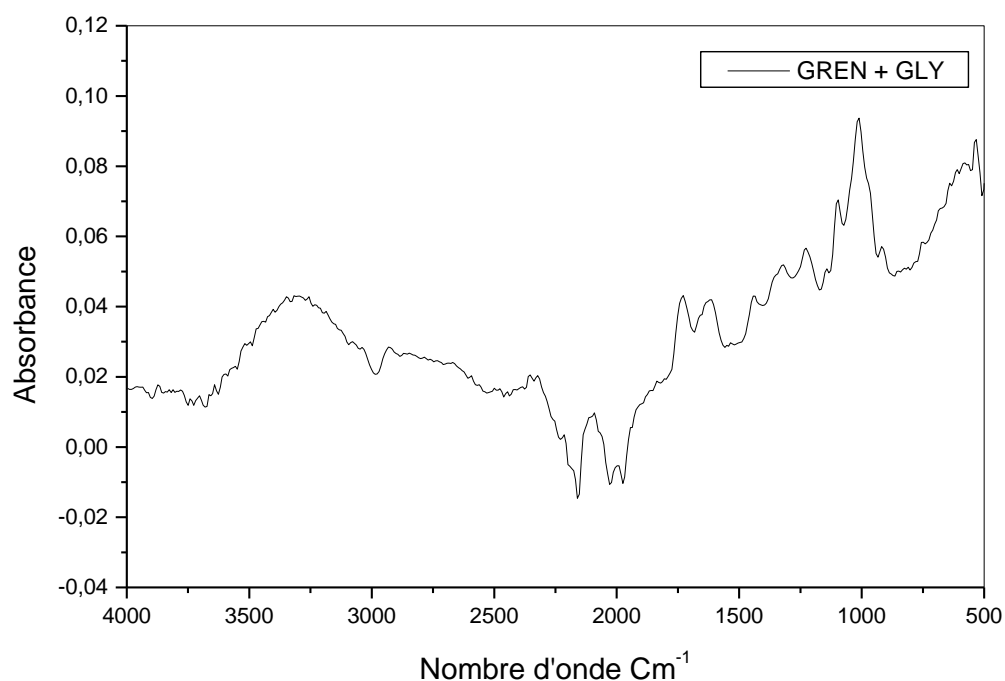


Figure 31 :-Spectre infrarouge du film à base de l'extrait de grenade acidifiée.

Tableau 14 : Fréquences caractéristiques des groupements fonctionnels de l'extrait de cladodes et le glycérol.

Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Groupements fonctionnels
- 3297	- OH
- 2925	- CH CH ₂
1720	- C=O
- 1612 et 1591	- vibration d'élongation du cycle aromatique
- 918	- Groupes aromatiques

La figure 32 représente la superposition des spectres infrarouges des films contenant les cladodes et le glycérol.

Nous avons enregistré l'augmentation de l'intensité des bandes caractéristiques des groupements fonctionnels OH dans le cas des films à base des cladodes, cladodes eau distillée et ainsi cladodes acidifiés.

Nous remarquons qu'il y'a une grande similitude dans les liaisons et les groupements fonctionnels entre les trois films et l'intensité des différentes bandes caractéristiques.

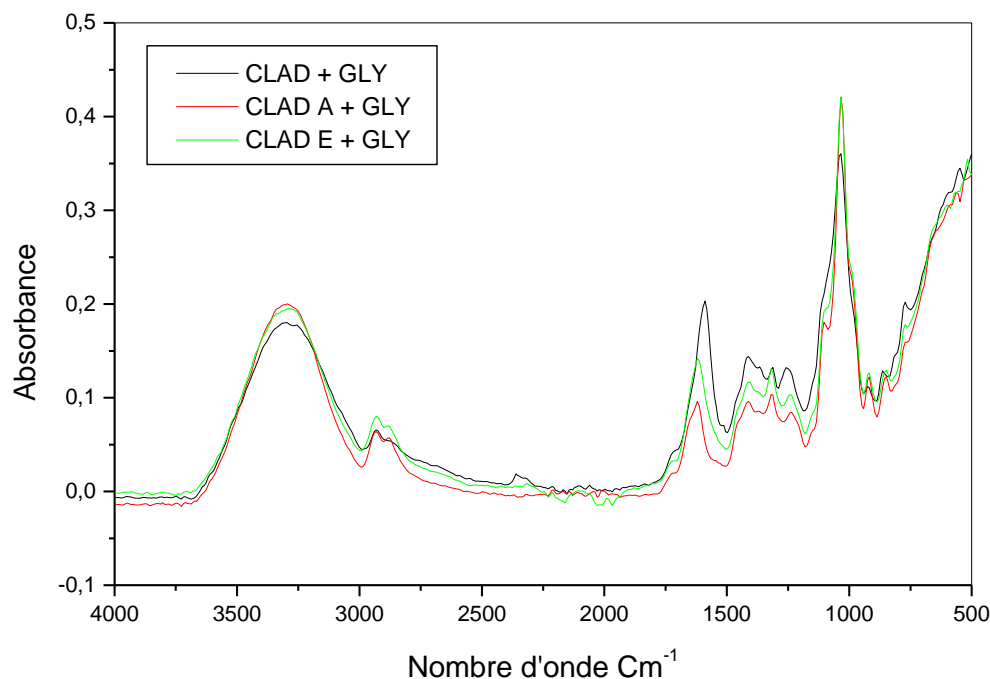


Figure 32 : Spectres infrarouges des films à base des cladodes acidifiés et non acidifiés avec le glycérol.

La figure 33 représente la superposition des spectres des films contenant les cladodes acidifiés et la grenade acidifiée avec le glycérol.

Les résultats montrent une différence entre les deux films par rapport aux groupements fonctionnels.

L'intensité des différentes bandes caractéristiques du film des cladodes acidifiés est plus grande par rapport au film de grenade acidifiée.

D'après Falcão et al (2011), les bandes d'absorption caractéristiques à 1116-1110 cm⁻¹ et à 1288-1283 cm⁻¹ indiquent la présence des tanins condensés, alors que les tanins hydrolysables se distinguent par des bandes d'absorption à 1731-1704 cm⁻¹ et à 1325-1317 cm⁻¹. Les bandes

d'absorption présentes entre 778 et 870 cm^{-1} sont considérées comme bandes de marquage pour la sous-classe des tanins hydrolysables « gallotanins ».

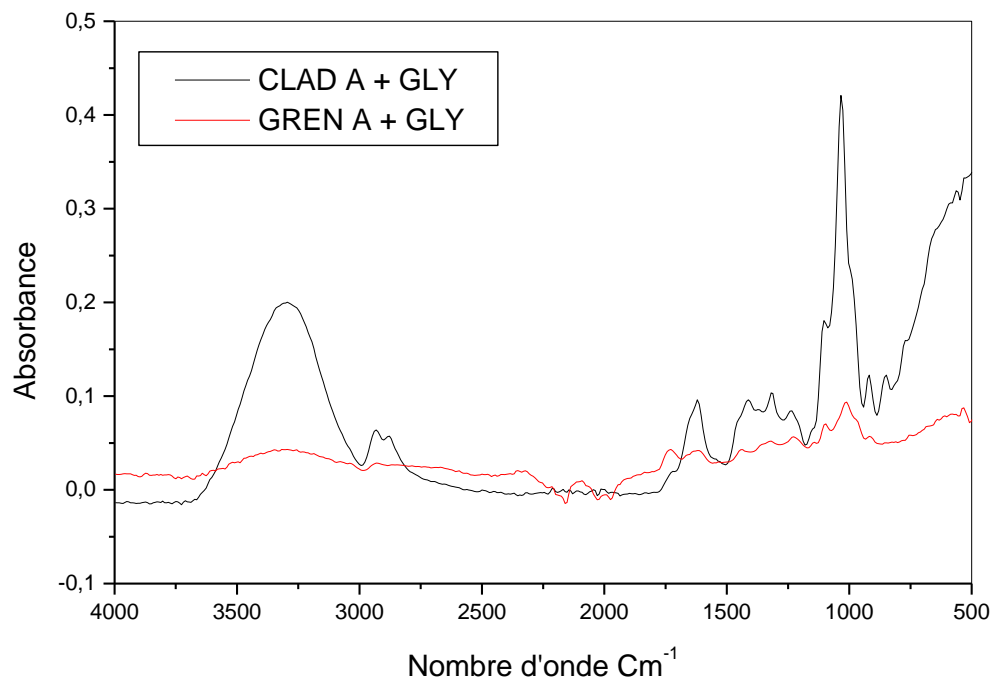


Figure 33 : Spectres infrarouges à base des films à base des cladodes acidifiés et la grenade acidifiée.

Conclusion

Conclusion

L'élaboration de films biodégradables à base de biopolymères est possible, on optimisant la formulation avec des plastifiants et des charges.

Cela permet d'obtenir des matériaux avec des propriétés comparables aux plastiques conventionnels tout en étant respectueux de l'environnement.

Au cours de cette étude, premièrement nous avons réussi à faire des extraits à base des substances naturelles, et à formuler des films bioactifs à bases des végétaux (cladodes du figuier de barbarie, grenade, margines) utilisées comme additifs bioactifs et/ou plastifiants.

D'après l'aspect visuel des différents films obtenus, nous avons noté des textures lisses des films, déformables et solubles dans l'eau.

Les analyses spectrophotométrie infrarouge indiquent

- l'augmentation de l'intensité des bandes caractéristiques des groupements organiques O-H dans le cas des films à base des cladodes, cladodes eau distillée et ainsi cladodes acidifiés, et aussi on remarque qu'il y'a une grande similitude dans les liaisons et les groupements organique entre les trois films et l'intensité des différentes bandes caractéristiques.
- Les résultats montrent une grande différence entre le film à base des cladodes acidifiés et la grenade acidifiée avec le glycérol dans les groupements organiques, et L'intensité des différentes bandes caractéristiques du film des cladodes acidifiés et plus grande par rapport au film de grenade acidifiée qu'il a une intensité très faible.
- l'augmentation de l'intensité des bandes caractéristiques des groupements organiques O-H dans le cas des films à base des cladodes internes, cladodes internes et les cladodes externes avec le glycérol et ainsi cladodes internes avec le glycérol, et aussi on remarque qu'il y'a une grande similitude dans les liaisons et les groupements organique entre les trois films et l'intensité des différentes bandes caractéristiques.

Afin de compléter notre travail nous suggérons de faire une étude de la biodégradabilité des différents films.

D'autres méthodes de caractérisation telles que, l'analyse thermogravimétrique (ATG), et microscopie électronique à balayage (MEB) seront nécessaires à effectuer.

Références Bibliographiques

A

- **Abdel-Rahman, Hrdina, Abdel-Mohsen, Fouda, Soliman, Mohamed, Mohsin, Pinto, 2015.** « Chitin and chitosan from Brazilian Atlantic Coast: Isolation, characterization and antibacterial activity. » International journal of biological Macromolucules 80. p107-120.
- **Aggoun, 2016.** Caractérisation de la composition en micro-constituants des margines issues de la production oléicole et utilisabilité comme complément dans la ration chez la vache laitière [en ligne]. Thèse de doctorat en science. UNIVERSITE FRERE MENTOURI-CONTANTINE, Institut de Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-alimentaires Inataa spécialité : Science Alimentaire. Option : Biothéchnologies Alimentaires. p175.
- **Ali Wahab, Boubakri, Jellali, Jedidi, 2012.** Characterization of ammonium retention processes onto Cactus leaves fibers using FTIR, EDX and SEM analysis. J. Hazard. Mater., p241-242, 101-109.
- **Angulo-bejarano, Martínez-Cruz, Paredes-López, 2014.** Nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant : nopal (Opuntia ficus-indica). 10. p196-217.
- **Anonyme, 2015.** Commission européenne, matériaux en contact avec des denrées alimentaires
- **Anonyme, 2009.** Journal officiel du 11 avril.
- **Anonyme, 2011.** Revue nature et santé.
- **Arba, 2009.** Le cactus Opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Sym. Inter. Agriculture durable en région Méditerranéenne (ADUMED). p215-222.

B

- **Badaoui, 2012.** « Comportement rhéologique de solutions de biopolymères. Application au chitosane, au Poly (vinyle alcool) et à leur mélanges », UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA-BOUMERES. p117
- **Barathikannan, 2016.** Chemical analysis of Punica granatum fruit peel and its in vitro and in vivo biological properties. Bulk moulding compound. Complementary medicine and therapies. 16. p264.
- **Barka, Abdennouri, Makhfouk, Qourzal, (2013).** Biosorption Characteristics of Cadmium and Lead onto Eco-Friendly Dried Cactus (Opuntia ficus-indica) Cladodes. Journal of Environmental Chemical Engineering. 1. p144-149.

Références bibliographiques

- **Baxter, Dillon, Taylor, Roberts, 1992.** {Improved method for it determination of the degree of N-acetylation of chitosan.} International journal of biological macromolecules. 14.3. p166-169
- **Bode, Kerkhoff, Jendrossek, 2001.** Bacterial degradation of natural and synthetic rubber, biomacromolecule 2(1). p295-301.
- **Boukkerrou, Hammiche, 2015.** Mémoire de Master « Effet d'un Renfort biodégradable sur les propriétés physico-mécanique d'un biopolymère Phbv » : UNIVERSITE A. MIRA-BEJAIA. p249-257.
- **Boutakiout, Elothmani, Mahrouz, Hmid, Hanine, 2015.** Phytochemical constituents and in vitro radical scavenging activity of different cladodes juice of cactacea cultivars from different areas in Morocco. International Journal of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research. 1 (03). p56-66

C

- **Calmon dévriaud, Bellon-Maurel, Silvestre, 1998.** Standard methods for testing the aerobic biodegradation of polymeric materials. Review and perspectives, advances in polymer sciences. Springer-verlag berlin Heidelberg.
- **Castellon, 2007.** Polymères biodégradables. Techniques de l'ingénieur, traité BIO p4150.
- **Chanoune, 2017.** {Elaboration et Caractérisation d'un Composite totalement Biodégradable », UNIVERSITE A.MIRA- BEJAIA}.
- **Chen, Zhang, Yuan, 2019.** Evolution and classification of pomegranate. International society for horticultural science : acta horticulturae. 1. p41-48.
- **Chouchene, 2012.** Etude expérimentale et théorique de procédés de valorisation de sous-produits oléicoles par voies thermique et physico-chimique (en ligne). UNIVERSITE DE HAUTE ALSACE- MULHOUSE, 2010. Français, Alimentation et Nutrition. p208.
- **Chougui, Djerroud, Naraoui, Hadjal, Aliane, Zeroual, Larbat, 2015.** Physicochemical properties and storage stability of margarine containing Opuntia ficus-indica peel extract as antioxidant. Food chemistry. 173. p382-390.
- **Cortizo, Berghoff, Alessandrini, 2008.** {Characterization of chitin from Illex argentinus squid pen ». Carbohydrate polymers}. 74. p10-15.

D

- **Dahbi, Dumont, Berges, Sauvageot, Chagnon, 2011.** Migrants d'emballages à contact alimentaire. Les biotests : une stratégie pertinente, un screening complémentaire des outils analytiques pour l'évaluation des risques des NIAS, UNIVERSITE DE BOURGOGNE.
- **Dahmani, Touati, 2013.** {Etude du vieillissement naturel d'un film de poly acide lactique (PLA) commercialisé pour l'emballage alimentaire}.

Références bibliographiques

- **Da silva, Rana, Narzary, Verma, Meshram , Ranade, 2013.** Pomegranate biology and biotechnology: A review. *Scientia horticulturae*. 160. p85-107.
- **David, 2007.** { Etude et élaboration de films à base de polysaccharides pour la fabrication de gélules pharmaceutique », thèse de doctorat, UNIVERSITE DE NANTES }
- **Dermeche, Nadour, Larroche, Moulti-Mati, Michaud, 2013.** Déchets des margines : Caractérisations biochimiques et stratégies de valorisation. *Biochimie des procédés*. Vol. 48. p1532-1552.

E

- **El-hadary, El taha, 2020.** Pomegranate peel methanolic-extract improves the shelf-life of edible-oils under accelerated oxidation conditions, *food science and nutrition*. 8. p1798-1811.
- **El mostafa, El kharrassi, Badreddine, Andreoletti, Vamecq, EL Kebbaj, Latruffe, Lizard, Nasser, Cherkaoui-Malki, 2014.** Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. *Journal of Molecule*, 19, Lile, France. p1490-14879.
- **Elyse, 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 maitre en environnement, UNIVERSITE SHERBROOKE.
- **Ennouri, Fetoui, Bourret, Zeghal, Guermazi, Attia, 2006.** Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*: Influence of seed supplemented diet on rats. *Bio resource technology*. 97. p136-2140.

F

- **Falcão , Maria. Araújo, Tannins, 2011.** characterisation in new and historic vegetable tanned leathers fibres by spot tests, *Journal of Cultural Heritage*. 12. p149-156.
- **Fedila, Tibarious, 2016.** Valorisation des margines par épandage agricole (en ligne).Mémoire de Master. UNIVERSITE A. MIRA-BEJAIA, Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de : des sciences biologique de l'environnement, filière : Santé et environnement, spécialité : environnement et santé publique. p43.
- **Frati, Gordillo,Altamirano, Ariza, 1988.** Hypoglycemic effect *opuntia sterptacantha* lemaire in non-insulin-dependent diabetes. *Diabetes care*.11. p63. 66.
- **Fernandez, Trejo, mcnamaea, 1990.** Pectin isolated from prickly pear (*Opuntia* sp) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *J. Nutr*. 120. p1283-1290.
- **Feugang, Konarski, Zou, Stintzing, Zou, 2006.** Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* sp) cladodes and fruits, *Frontiers in Bioscience*. p2574-2589.

G

- **Gouycoolea, Cardenas, 2003.** Pectins from *Opuntia* sp: a short review, journal, professional asso. *Cactus devel.* 5. p17-29.
- **Gu jd, 2003.** Microbial deterioration of synthetic and biological polymers used in engineering and construction, in: A. Steinbuchel, Ed. *Biopolymers, General Aspects and Special Applications*, Wiley-Vch Verlag. Weinheim, Germany Vol 10. p97-138.
- **Gullon, 2020.** Pomegranate peel as suitable source of high-added value bioactive: tailored functionalized meat products. 25. p2859.

H

- **Habibi, 2004.** Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique. Thèse du doctorat UNIVERSITE JOSEPH FOURIER-GRENOBLE sciences & Géographie UNIVERSITE CALI AYYAD Faculté Des Sciences Semlalia-Marrakech. p222.
- **Hussain, Ishak, Sulaiman, Fauzi, coorey, 2020.** Influence of processing conditions on rheological properties of aqueuos extract chia (*salvia hispanica*) mucilage. *Food Res.* p227-236.

I

- **Issaadi, 2015.** Thèse de doctorat {Etude des propriétés thermiques et de la morphologie des nano biopolymères a base de poly acide lactique : effet de composition et de la nature de la nano charge}. UNIVERSITÉ A. MIRA BEJAIA (Algérie).

J

- **Jahrouni et dostkam, 2019.** Comparative évaluation of bioactive compounds of various cultivars of pomegranate (*Punica granatum* l) in different world regions. *AIMS agriculture and food.* 4. p41-55.
- **Jarroux, 2008.** {Les biopolymères : différentes familles propriétés et applications}, UNIVERSITE D'EVRY VAL D'ESSONNE.
- **Jarroux, 2012.** {Les biopolymères : différentes familles propriétés et applications} Technique de l'ingénieur, traité AM p3580.

K

- **Kale, Mona, Dhobale, Thite, Laware, 2011.** Intra molecular and inter molecular cross linked poly (vinyl alcohol)-borate complexes for the sustained release of fertilizers and enzymes. *Journal of Applied polymer science.* p2457.

Références bibliographiques

- **Kaya, Baran, Erdoğan, Menteş, Aşan Özüsağlam, Çakmak, 2014.** {Physicochemical comparison of chitin and chitosan obtained from larvae and adult Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*)} Materials science and engineering. C 45. p72-81.
- **Kedzierski, Le Tilly, Bourseau, Bellegou, Cesar, Sire, Briand, 2017.** Micro plastics elutriation system. Part A: Numerical modeling. Mar. Pollut. Bull.
- **Kumar, 2012.** {Polyaniline-Grafted reduced graphene oxide for efficient electrochemical}. Acs Nano. 25. p1715-1723.
- **Kushwaha, Bera, Kumar, 2020.** Pomegranate. Antioxidants in fruits properties and health benefits. p295-316.

M

- **Medina torres, Jaime vernon-carter, Alberto gallergos-infante, Rocha-guzman, Herrera-valencia, Calderasa, Jimenez-alvaradod, 2011.** Study of the antioxidant properties of extracts obtained from nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes after convective drying. Journal of scientific. 91. p1001-1005.
- **Merdemdhghan, Rahemi, 2006.** Seasonal changes of mineral and phenolics in pomegranate (*punica granatum l*).Fruit. Scientahorticultrae. 111. p120-127.

N

- **Naod, 2010.** Physico-chemical characterization and evaluation of two local cactus mucilage (*Opuntia sp*) as suspending agents, Under the supervision of prof. Tsige gebré

O

- **Oudjir, yahiaoui, 2016.** Valorisation des margines par fermentation (en ligne). Mémoire de master. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI de tizi-ouzou, Faculté des sciences biologique et sciences agronomique, Département de biochimie-Microbiologie, Filière : biologie, option : Microbiologie appliquée. p54.

P

- **Pathak, Mandavgane, Kulkarni, 2017.** Valorization of pomegranate peels a biorefinery approach. Waste and biomass valorization. 8. p1127-1137.
- **Planchon, Collin, 1875.** Traité pratique de la détermination des drogues simples d'origine végétale. Librairie F. Savy. p235-236. 307-308.

R

- **Rabitaïka holy, Paquot, Dubois PH, 2006.** Les polymères issus du végétal : matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique, biotechnol, Agron, Soc. UNIVERSITE DE MONS-HAINAUT.
- **Rai, 2017.** Effet du stress salin sur les bactéries du sol : rôle d'extraits dérivés de enteromorphaintestinalis, Ulva lactuca et Opuntia ficus indica sur la relation bactérie plante sous stress salin, thèse de doctorat, UNIVERSITE FERHAT ABBAS SETIF.
- **Raza, Innocenti, 2012.** 'Bioplastic from renewable resources: the benefits of biodegradability', Asia-pacific j. Chem. Eng. Vol.7. p301. 309.
- **Rebah, Ben, Siddeeg, 2017.** Cactus an eco-friendly material for wastewater treatment : A review. Journal of materials and environnement sciences. 8. p1770-1782.
- **Roussas, Perraud-Gaime, Lakhtar, Aouidi, Labrousse, Belkacem, Macarie, Artaud, 2009.** Valorisation biotechnologique des sous produits de l'olivier par fermentation en milieu solide, olive biotec. p293-300.

S

- **Saadi, 2008.** Etude de la dégradation fongique des polymers: cinétique de dégradation des polymers et caractérisation des sous-produits de dégradation Etude de l'écotoxicité de ces polymères. The doc. UNIVERSITE DU MAINE U.F.R Sciences et technique. 186.
- **Saenz, 2000.** Processing technologies: an alternative for cactus pear (Opuntia spp) fruits and cladodes. Journal of Arid environments. 46. p209-225.
- **Saenz, Sepulveda, Matsuhiko bettv, 2004.** Opuntia sp mucilage: A functional component with industrial perspectives, J. Of Arid environment. 57. p275-290.
- **Sambha'A, 2011.** Thèse de doctorat 'contribution à l'étude de la structure et de la texture du PLA: Effet de la dégradation hydrothermale'. UNIVERSITE DE HAUTE ALSACE.
- **Schweizer, 1997.** Docteur nopal le médecin du bon dieu. Paris. France : Aloe plantes et beauté.
- **Stover, mercure, 2007.** The pomegranate: A new look at the fruit of paradise. Hort science. 41. p1088-1092
- **Swift, 1992.** Boidegradability of polymers in the environment: complexities and significance of definitions and measurements, fems microbiology letters. Vol 103. p339-345.

T

- **Trachenberg, mayer, 1981.** Composition and properties of Opuntia ficus indica mucilage. Phytochemistry. 20. p2665-2668.

Références bibliographiques

- **Trachenberg, mayer, 1982.** Biophysical properties of *Opuntia ficus indica* mucilage. *Phytochemistry*. 21. p28-35.
- **Tolinsky, 2010.** Plastic and sustainability. Salem, dcrivener publishing. p269.
- **Tung, 2011.** Poly (Ionic Liquid)-Stabilized graphene sheets and their hybrid with poly (3, 4-Ethylenedioxythiophene). *Org electron*. 12. p2215-2224

V

- **Viuda-Martos, Fernandez-lopez, et al, 2010.** Pomegranate and its many functional components as related to health: A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 9. p635-654.

Y

- **Yabanahar, bartha, 1994.** Methods for assessment of biodegradability of plastic films in soil, applied and environmental microbiology. Vol 60. p3608-3614
- **Yoshida, Hiraga, Takehana, Taniguchi, Yamaji, Maeda, Toyohara, Kenji miyamoto, Kimura, Kohei oda, 2016.** A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). *Science* p351.

Z

- **Zeynalova, no vruzov, 2017.** Origin, taxonomy and systematics of pomegranate proce edings of the institute of botany. 37. p20-26.

- **Résumé**

Dans un plastique biosourcés, les polymères issus du pétrole sont remplacés par des polymères issus des végétaux. Au cours de cette étude, le cactus (*opuntia ficus indica*), les écorces de grenade (*pomegranate*) et les margines ont été utilisés pour l'élaboration des films biodégradables et bioactifs. Le protocole utilisé a permis d'obtenir des extraits à base des cladodes de figuier de barbarie, extraits de grenade et les extraits des margines.

L'analyse par la spectrophotométrie infrarouges à transformée de Fourier (FTIR) nous a permis d'identifier les différents groupements fonctionnels caractéristiques des différents échantillons.

Mot clé : films, biodégradable, bioactif, cactus, FTIR, figuier de barbarie, grenade, margines.

- **Abstract**

In a biosourced plastic, polymers from petroleum are replaced by polymers from plants. During this study, the cactus (*opuntia ficus indica*), pomegranate peel (*pomegranate*) and vegetable oils were used for the development of biodegradable and bioactive films. The used protocol made it possible to obtain extracts based on prickly pear cladodes, pomegranate extracts and vegetable oil extracts. Analysis by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) allowed us to identify the different functional groups characteristic of the different samples.

Key words: films, biodegradable, bioactive, cactus, FTIR, prickly pear, pomegranate, margines.

ملخص

في البلاستيك ذو المصدر الحيوي، يتم استبدال البوليميرات من البترول ببوليميرات من النباتات . خلال هذه الدراسة، تم استخدام نبات الصبار، قشور الرمان و المياه النباتية لتطوير الأفلام القابلة للتحلل الحيوي و النشطة بيولوجيا.

أتاح البروتوكول المستخدم الحصول على مقتطفات تعتمد على مستخلصات الصبار و مستخلصات الرمان و مستخلصات الزيوت النباتية.

سمح لنا التحليل الذي أجراه مقياس فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء، بتحديد المجموعات الوظيفية المختلفة المميزة للعينات.

الكلمات المفتاحية: أفلام، القابلة للتحلل، النشطة بيولوجيا، الصبار، قياس الأشعة تحت الحمراء، المياه النباتية، الرمان، المجموعات الوظيفية.