

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master
académique en**

Filière : **Biotechnologies**

Spécialité : **Biotechnologie végétale**

Présenté par :

MELLAH Zina & BELKHIR Warda

Thème

***Elaboration des biofilms biodégradables bioactifs à base d'extraits de
plantes***

Soutenu le, 25/06/2023

Devant le Jury :

Mme. LAGHOUATI Ouafa

Présidente

MCB

Mr. TORCHE Yacine

Examineur

MCB

Mme. BOUKEZZOULA Fatima

Encadrante

MCA

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Tout d'abord nous tenons à remercier **ALLAH** le tout-puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour mener à terme notre formation et de pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à **M^{me} BOUKEZOULA Fatima**, pour son encadrement de qualité, sa motivation professionnelle, ses conseils et critiques constructives, ses corrections, sa gentillesse et sa patience ainsi pour le temps qu'elle a consacré à la réalisation de ce travail.

Nous adressons nos respectueux remerciements à **M^{me} LAGHOUATI Ouafa** pour avoir bien voulu accepter de présider le jury de ce mémoire.

Nous adressons nos respectueux remerciements à **Mr. TORCHE Yacine** pour avoir bien voulu participé à ce jury et examiner ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à **M^{lle} KEHOUL Nassima** pour son aide, ses efforts, son soutien moral et ses encouragements.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs occupations académiques et professionnelles.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin, et qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère Mère

La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse. Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. Je t'aime Mama

A mon cher frère

L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que dieu te préserve et te procure santé et longue vie

A la mémoire de mes chers grands-parents Zehira et Houcine que Dieu leur garde dans son vaste paradis

A mon soutien moral et source de joie, mes tantes, oncles et cousins, surtout ma princesse Hadil, pour l'amour, l'encouragement et l'aide qu'ils m'ont toujours accordée

A mon binôme de ce travail, Amira

A tous ceux que j'aime

Zina Mellah

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce travail :

*A ceux qui m'ont donnée la vie, la lumière de mes yeux **mes parents.***

Ma très chère et précieuse mère, je ne trouve pas les mots pour exprimer ma gratitude envers tout ce que tu as fait pour moi, pour ton soutien et aide, tu étais toujours à mes côtés ; Mon père pour tous les efforts qu'il a fait pour me rendre heureuse ;

Je vous serai éternellement reconnaissante.

*A mes très chères sœurs **Lamisse et Nesrine.***

*A mes chers grands-parents **Aicha et Taher** que Dieu leur garde.*

*A toute **ma famille,***

A toute personne que j'aime et qui m'aime.

*A mon binôme de ce travail **Zina** et sa famille,*

Je ne pourrai jamais oublier les années que nous avons passé à l'Université de Mila, et tous les moments de joies et de peines qu'ont passées ensemble.

*A mon cher ami **Fayçal***

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la Réalisation de ce travail.

Amira

Résumé

La valorisation des glands de chêne à différentes échelles est une approche importante pour l'exploitation des sous-produits de la transformation de chêne.

L'objectif de cette étude est d'identifier les différentes utilisations traditionnelles dans la région de Mila ainsi que l'élaboration d'un film biodégradable à base d'amidon pour la conservation des aliments en valorisant les glands de chêne.

Pour répondre à cet objectif, une enquête ethnobotanique a été réalisée dans la région de Mila. Cette enquête a été complétée par une étude expérimentale. Les données collectées ont permis de décrire la méthode traditionnelle d'extraction d'amidon de chêne.

Deux films ont été développés à base d'amidon de chêne et d'amidon commercial. Par la suite, l'épaisseur, l'opacité, l'humidité, la solubilité dans l'eau et la perméabilité à la vapeur d'eau de ces films ont été étudiés.

Les résultats obtenus montrent que le rendement d'extraction de l'amidon de chêne a été remarquablement important (35 %) et offre donc une belle opportunité d'investissement dans le volet d'obtention et de transformation industrielle de ce composant végétale.

Les propriétés physicochimiques et mécaniques des biofilms de l'amidon de chêne à l'exemple de solubilité (35.40 %), opacité (4.19 ± 0.004 nm/mm) ou étanchéité à la vapeur d'eau ($0,2959$ mg.mm/cm².jour), s'avèrent ajustable au choix de l'utilisation finale et du produit à conserver. En guise que le biofilm à base d'amidon de chêne présentait la meilleure option pour garder des qualités sensorielles acceptables des tomates cerise durant une période de stockage de 6 jours.

Mots clés : *amidon, chêne, film, biodégradable, conservation*

Abstract

The valorization of oak acorns at different scales is an important approach to by-products of oak processing.

The aim of this study is to identify the various traditional uses of oak acorns in the Mila region, and to develop a starch-based biodegradable film for food preservation.

To meet this objective, an ethnobotanical survey was carried out in the Mila region. This survey was complemented by an experimental study. The data collected enabled us to describe the traditional method of extracting oak starch.

Two films were developed based on oak starch and commercial starch. The thickness, opacity, moisture content, water solubility and water vapour permeability of these films were then studied.

The results show that the extraction yield of oak starch was remarkably high (35%), offering a great opportunity for investment in the production and industrial processing of this plant component.

The physicochemical and mechanical properties of oak starch biofilms, such as solubility (35.40%), opacity (4.19 ± 0.004 nm/mm) and water vapour permeability (0.2959 mg.mm/cm².day), can be adjusted to suit the end use and the product to be preserved. Oak starch-based biofilm was found to be the best option for maintaining acceptable sensory qualities of cherry tomatoes over a 6-day storage period.

Keywords: *starch, oak, film, biodegradable, preservation*

ملخص

يعتبر تقييم البلوط على مستويات مختلفة نهجًا مهمًا لاستغلال المنتجات الثانوية من معالجة البلوط.

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الاستخدامات التقليدية المختلفة في منطقة ميله بالإضافة إلى تطوير غشاء قابل للتحلل الحيوي قائم على النشاء للحفاظ على الطعام من خلال الترويج لجوز البلوط.

لتحقيق هذا الهدف ، تم إجراء استبيان في منطقة ميله. تم استكمال هذا التحقيق بدراسة تجريبية. جعلت البيانات التي تم جمعها من الممكن وصف الطريقة التقليدية لاستخراج نشاء البلوط.

تم تطوير غشائين يعتمدان على نشاء البلوط والنشاء التجاري. بعد ذلك تم دراسة السماكة والعتامة والرطوبة والذوبان في الماء ونفاذية بخار الماء لهذه الأغشية.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن محصول استخلاص نشاء البلوط كان مرتفعًا بشكل ملحوظ (35%) وبالتالي يوفر فرصة استثمارية كبيرة في الإنتاج والتحول الصناعي لهذا المكون النباتي.

يمكن ضبط الخواص الفيزيائية والكيميائية للميكانيكية للأغشية الحيوية لنشاء البلوط ، على سبيل المثال قابلية الذوبان (35.40%) ، العتامة (0.004 ± 4.19 نانومتر / مم) أو مقاومة بخار الماء (0.2959 مجم. مم / سم². يوم) ، قابلة للتعديل حسب اختيار الاستخدام النهائي و المنتج المراد تخزينه. ونتيجة لذلك، قدمت الأغشية الحيوية القائمة على نشاء البلوط الخيار الأفضل للحفاظ على الصفات الحسية المقبولة لطماطم الكرز خلال فترة تخزين لمدة 6 أيام.

الكلمات المفتاحية: النشاء ، بلوط ، غشاء ، قابل للتحلل ، حفظ

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste des abréviations

Introduction1

Partie bibliographique

Chapitre I Généralité sur le plastique et bioplastique

I.Plastique6

I.1. Définition du plastique.....6

I.2. Composition générale de la matière plastique6

I.3. Caractéristiques des matières plastiques.....6

I.3.1. Caractéristiques chimiques6

I.3.2. Caractéristiques physiques7

I.4.. Différents types de plastiques7

I.5. Formation du plastique.....7

II.Les biopolymères (bioplastique)8

II.1. Définition.....8

II.2. Films a base de biopolymères naturels9

II.2.1. Application.....9

II.2.1.1.Le domaine médical9

II.2.1.2. Le domaine d’emballage9

II.2.1.3. Le domaine agricole.....9

II.2.2. Bases des biopolymères naturels10

II.2.2.1.Les protéines10

II.2.2.2.Les polysaccharides10

II.2.2.3.Les lipides.....10

II.2.3. Polymères naturels synthétisés par les systèmes vivants : amidon10

II.2.3. 1.Composition et structure moléculaire11

II.2.3. 2.Utilisation de l’amidon dans l’industrie12

II.2.3. 3. Transformation de l’amidon : plastification.....13

Chapitre II Etude sur le chêne

II.Le chêne	15
II.1. Histoire des chênes.....	15
II.2.Repartition géographique du chêne.....	16
II.2.1.Au niveau mondial.....	16
II.2.2.Au niveau d'Algérie	16
II.3.Composition chimique et valeur nutritionnelle	17
II.4. Usage du gland de chêne.....	18
II.5. Le chêne vert.....	19
II.5.1.Définition.....	19
II.5.2.Taxonomie de l'espèce	19
II.5.3. Les caractères botaniques.....	20
II.5.4. Répartition géographique.....	21
II.5.4. 1. Dans le monde	21
II.5.4. 2. En Algérie.....	23
II.5.5. Résistance aux contraintes environnementales.....	24
II.5.6. Importance et usages du chêne vert	24

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériel et méthodes

I. Enquête ethnobotanique	28
I.1. Lieux de l'enquête	28
I.2. Questionnaire	28
I.3.Population enquêtée.....	28
II. Valorisation de l'amidon de chêne dans l'élaboration d'un biofilm	29
II.1. Extraction de l'amidon de chêne.....	29
II.1.1.Matériel végétal	29
II.1.2. Extraction de l'amidon	29
II.1.2.1. Détermination du rendement d'extraction	30
II.2.Elaboration de biofilm.....	30
II.2.1.Caractéristiques des biofilms élaborés.....	31
II.2.1.1. Epaisseur des biofilms	31
II.2.1.2. Opacité	31
II.2.1.3.Taux d'humidité	31

II.2.1.4. Solubilité des biofilms dans l'eau	32
II.2.1.5. Perméabilité des biofilms à la vapeur d'eau	32
II.3. Elaboration des biofilms bioactifs et test de leur efficacité sur une matrice alimentaire	33
III. Traitement statistique	34

Chapitre IV : Résultats et discussion

I. Etude ethnobotanique	37
I.1. Description de la population enquêtée	37
I.1.1. Age	37
I.1.2. Sexe	37
I.1.3. Situation familiale	38
I.1.4. Niveau d'étude	38
I.1.5. Milieu de vie	38
I.2. Informations sur le chêne	39
I.2.1. Domaine d'utilisation de la plante	39
I.2.1.1. Utilisation thérapeutique du chêne	39
I.2.1.1.1. Les parties de plantes utilisées	39
I.2.1.1.2. L'association de la plante	40
I.2.1.1.3. Formes d'emploi du chêne utilisé	40
I.2.1.1.4. Mode de préparation	41
I.2.1.1.5. Dose utilisée	42
I.2.1.1.6. Mode d'administration	42
I.2.1.1.7. Durée d'utilisation	43
I.2.1.1.8. Type de pathologie traité	43
I.2.1.1.9. Résultats du traitement	44
I.2.1.1.10. Effets secondaire et toxicité	44
I.2.1.1.11. Origine de l'information	45
I.2.1.2. Utilisation alimentaire du chêne	46
I.2.1.2.1. Consommation du chêne	46
I.2.1.2.2. Fréquence de consommation du chêne	46
I.2.1.2.3. Source du chêne consommé	46
I.2.1.2.4. Période de récolte du chêne	47

I.2.1.2.5. Utilisations alimentaire du chêne.....	47
I.2.1.2.6. Taux de réussite de ces recettes.....	48
I.2.1.2.7. Extraction de l'amidon du chêne	48
I.2.1.2.8. Elimination des tanins de chêne.....	49
I.2.1.2.9. Temps de trempage de chêne avant l'utilisation	49
I.2.1.2.10. Temps de séchage de gland avant transformation	49
I.2.1.2.11. Utilisation du gland	50
II. Valorisation de l'amidon de chêne dans l'élaboration d'un biofilm.....	50
II.1.Calcul du rendement de l'extraction.....	50
II.2. Etude des caractéristiques des films élaborés.....	50
II.2.1. Epaisseur des films	50
II.2.2.Opacité des films.....	51
II.2.3. Taux d'humidité des films	52
II.2.4. Solubilité des films dans l'eau	53
II.2.5. Perméabilité des films à la vapeur d'eau	53
II.3. Application de l'emballage	55
<i>conclusion générale</i>	59
<i>Références bibliographiques</i>	61
<i>Annexes</i>	75

Liste des figures

Figure 1 : Etape de formation de plastique	8
Figure 2 : Structure chimique de l'amylose (Donovan, 1979).....	11
Figure 3 : Structure chimique de l'amylopectine (Liu <i>et al.</i> , 2009)	12
Figure 4 : Chêne vert.....	19
Figure 5 : Distribution de <i>q. ilex</i> dans le bassin méditerranéen (Barbero et Loisel, 1980)	22
Figure 6 : Distribution géographique du chêne vert (<i>q. ilex.</i>) en Algérie (Haichour, 2009)	23
Figure 8 : Pied a coulisse	31
Figure 9 : Plantes utilisées dans l'élaboration des biofilms bioactifs (a : Inule visqueuse) (b : Menthe à feuilles rondes).....	33
Figure 10 : Les 5 groupes de tomates cerise destinés à la conservation.....	34
Figure 11: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par classes d'âge.....	37
Figure 12: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par sexe	37
Figure 13 : Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par situation familiale ...	38
Figure 14: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par niveau d'étude	38
Figure 15: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par milieu de vie	39
Figure 16: Domaine d'utilisation du chêne selon l'enquête	39
Figure 17: Parties du chêne utilisées.....	40
Figure 18 : Répartition de la fréquence d'association du chêne avec d'autre plante	40
Figure 19 : Formes d'emplois du chêne utilisé	41
Figure 20 : Les modes de préparation du chêne utilisée	41
Figure 21: Dose du chêne utilisé.....	42
Figure 22 : Mode d'administration utilisée	42
Figure 23 : Durée de traitement.....	43
Figure 24 : Utilisation du chêne dans les différents traitements pathologiques	44
Figure 25 : Les résultats de traitement par le chêne	44
Figure 26: Effets indésirables provoqués par le chêne Figure 27: Toxicité provoquée par le chêne.....	45
Figure 28 : Origine de l'information de la population étudiée sur le chêne.....	45
Figure 29: Consommation du chêne	46
Figure 30 : Fréquence de consommation du chêne	46

Figure 31 : Source du chêne consommé.....	47
Figure 32 : Période de récolte du chêne.....	47
Figure 33 : Différentes utilisations alimentaires du chêne.....	48
Figure 34 : Taux de réussite des recettes de chêne	48
Figure 35 : Temps de trempage de chêne avant l'utilisation	49
Figure 36 : Temps utilisé pour le séchage du gland	49
Figure 37 : Film à base d'amidon de chêne (a), film à base d'amidon commercial (b) ...	50
Figure 38 : Taux d'humidité des films élaborés	52
Figure 39 : Taux de solubilité des films élaborés.....	53
Figure 40 : Les 5 groupes de tomates cerise après les 6 jours de conservation	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Surfaces forestières occupées par le chêne vert dans quelque pays (Haichour, 2009)	22
Tableau 2 : Epaisseur et opacité des films	51
Tableau 3 : Perméabilité à la vapeur d'eau des deux films élaborés	54
Tableau 4 : Durée de conservation des cinq groupes de tomates cerise	55

Liste des abréviations

° : Degré

° C : Degré Celsius

µm : Micromètre

CaCl₂ : Chlorure de calcium

CH₄ : Méthane

Cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

FDA : Food and Drug Administration (en français : « Agence fédérale américaine des produits alimentaires et médicamenteux »)

G : Gramme

H : Heure

HCl : Acide chlorhydrique

HE : Huile essentielle

Mg : Milligramme

Min : Minute

ml : Millilitre

mm : Millimètre

NaOH : Hydroxyde de sodium

Nm : Nanomètre

PLA : Polylactides

Q : Quercus

Introduction

Notre environnement est envahi de matériaux utilisés quotidiennement - les matériaux d'emballage par exemple - qui ne se dégradent pas ou qui prennent des dizaines, voire des centaines d'années pour se dégrader. L'épuisement des ressources fossiles dont la conséquence est l'augmentation sans cesse croissante du prix du pétrole, la diminution drastique du nombre de décharges, le problème de pollution causée par les matériaux plastiques non biodégradables à base de pétrole ou les matériaux composites et l'émission de gaz à effet de serre sont des préoccupations d'environnement et de développement durable qui ont conduit à des recherches à travers le monde entier pour trouver des solutions à la pollution due aux matériaux d'emballage et aux matériaux composites.

La substitution des plastiques pétrochimiques par des matières premières végétales renouvelables constitue une perspective cruciale. Cette substitution est réalisée par modification chimique de polysaccharides qui sont présents en grandes quantités chez les végétaux et représentent de ce fait une matière première abondante et biodégradable. Parmi les biopolymères naturels, l'amidon est considéré comme la matière première la plus prometteuse pour l'élaboration de nouveaux matériaux plus respectueux de l'environnement, en particulier pour les applications de matériaux d'emballage et de matériaux jetables (**Mutungi et al., 2011 ; Ma et al., 2010**).

Le chêne est le nom vernaculaire de nombreuses espèces d'arbres et d'arbustes appartenant au genre *Quercus*, et à certains genres apparentés de la famille des Fagacées. Il est l'un des genres forestiers les plus riches avec 200 à 600 espèces (**Bussotti et Grossoni, 1998**).

En Algérie, les chênes (vert, liège, zeen, kermès et afarès) représentent un capital forestier, ils couvrent des superficies étendues notamment dans le Nord et le Nord Est d'environ 40% de la forêt Algérienne.

Le fruit du chêne, appelé le gland, fait partie des aliments oubliés. Autrefois considéré comme la nourriture des pauvres, avant la généralisation des céréales, le pain à base de ce fruit pulvérisé a constitué la nourriture privilégiée de la population européenne (**Rakić et al., 2006**), mais il n'est maintenant consommé que dans un petit nombre de pays. Les analyses approximatives ont révélé la composition chimique de glands pour être semblable à celle de céréales (**Baumgras, 1944**).

Ce travail vise à la valorisation d'un fruit inexploité en alimentation humaine qui est le gland de chêne vert dans le but d'étudier la possibilité de l'extraction de son amidon et son exploitation dans la synthèse de biofilm plastique.

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralité sur le plastique et bioplastique

I. Plastique

I.1. Définition du plastique

Les plastiques sont définis comme des polymères non-métalliques fabriqués par l'homme, de poids moléculaire élevé, constitués de répétition de macromolécules obtenues par la polymérisation de monomères extraits du pétrole ou du gaz. Pour leur donner les caractéristiques qui répondent aux besoins quotidiens, on y ajoute des éléments (chlore, azote, etc.) sous forme d'additifs ou adjuvants (**Bowmer et Kershaw, 2010**).

I.2. Composition générale de la matière plastique

La résine est la base, les additifs et adjuvants sont là pour améliorer les propriétés chimiques et physiques du matériau, notamment la résistance aux chocs, la couleur, la plasticité, la résistance au vieillissement, etc...

- ✓ La résine de base : composée essentiellement d'un matériau macromoléculaire.
- ✓ Les adjuvants : sont en général des produits organiques qui, lorsqu'on les mélange aux polymères, en modifient les propriétés :
 - Plastifiants : en général liquides ou visqueux, permettent de rendre la résine souple et élastique.
 - Lubrifiants : facilitent le moulage.
 - Pigments : donnent la couleur du plastique.
 - Stabilisants : retardent la transformation du plastique, résistance aux ultraviolets.
 - Charges et renforts : diminuent le cout, augmentent la résistance mécanique (marques kevlar et téflon).
 - Fongicide : résistant aux micro-organismes, asepsie.
 - Solvants : pour peintures (enduction).
 - Ignifugeant : permettent de retarder la propagation des flammes et améliore la résistance au feu.

I.3. Caractéristiques des matières plastiques

I.3.1. Caractéristiques chimiques

Les matières plastiques sont constituées d'enchaînements de séquences identiques (Ou polymères) de molécules carbonées, leurs principales propriétés comprennent la flexibilité, la résistance à la corrosion, la résistance au choc et à l'eau, ainsi qu'une imperméabilité à l'air (Gordon, 2006).

I.3.2. Caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques de la plupart des plastiques, présentent une haute résistance au vieillissement et une biodégradation minimale (Moore, 2008). En effet, ils se fragilisent très lentement en se fragmentant en de petites particules (microplastiques). Ils sont omniprésents et leur persistance amène à leur accumulation dans l'environnement.

I.4. Différents types de plastiques

Il existe plusieurs types de plastiques : près de 20 types de plastiques. Chacun comprend de nombreux grades permettant de conférer des propriétés précises en fonction de l'application choisie. Ce sont les familles d'utilisation courante :

1. Polystyrène (PS): $(\text{CH}_2\text{-CH- C}_6\text{H}_5)$
2. Polypropylène (PP): $[(-\text{CH}_2\text{-CH (CH}_3\text{)-}) n]$
3. Polychlorure de vinyle (PVC) : $[(-\text{CH}_2\text{-CH(Cl)-}) n]$
4. Polyéthylène (PE) : $[(-\text{CH}_2\text{-}) n]$
5. Polytétrafluoroéthylène (PTFE, teflon)
6. Polyéthylène basse densité (PELD)
7. Polyéthylène haute densité (PEHD): HDPE (ou PEHD)

I.5. Formation du plastique

Pour obtenir des produits finis en matières plastique, il faut faire subir aux matières premières une succession de transformations chimiques et physiques. Les principales étapes de fabrication sont indiquées ci-dessous:

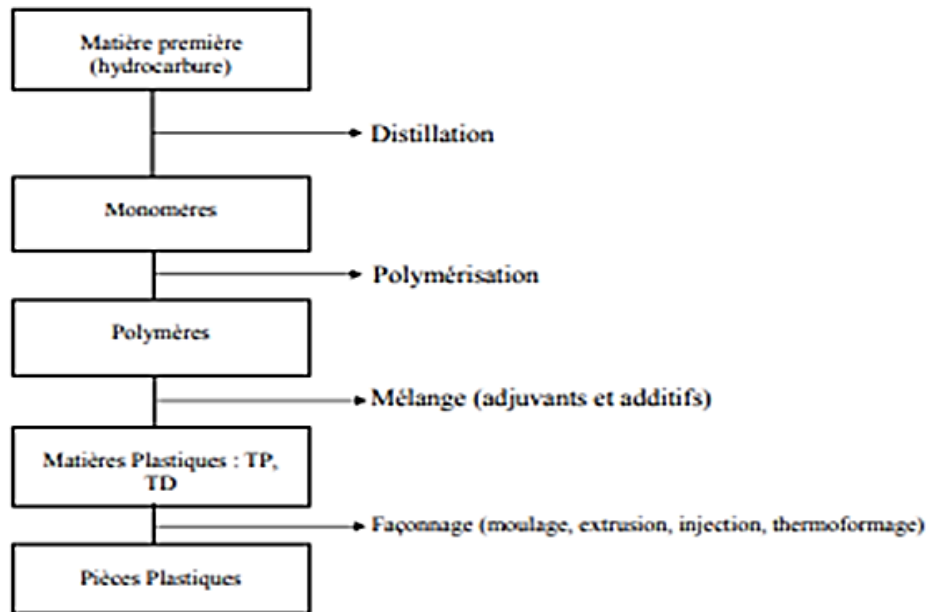


Figure 1 : Etape de formation de plastique

II. Les biopolymères (bioplastique)

Le mot polymère signifie entité moléculaire de grande taille, composée d'unités répétitives, ou mères (du mot grec meros – qui signifie partie) reliées par des liaisons covalentes. De telles unités peuvent être reliées de diverses manières. Le plus simple est un polymère linéaire, ou un polymère dans lequel les unités sont reliées les unes aux autres dans une séquence linéaire, comme des perles sur une chaîne. De nombreux exemples de tels polymères linéaires sont possibles, comme par exemple le polyéthylène linéaire (**Ravve, 1995**).

Le terme bioplastique regroupe deux types de polymères distincts : Les polymères dits biosourcés (ou agro-sourcés), c'est à dire issus de ressources renouvelables, souvent de la matière végétale, telles que le blé, le maïs ou bien la pomme de terre par exemple. Les polymères biodégradables. Ceux-ci peuvent être issus aussi bien de la pétrochimie que de la biomasse.

II.1. Définition

Un matériau est dit biodégradable s'il est dégradé par des microorganismes (bactéries, champignons), le résultat étant la formation d'eau et de CO₂ (CH₄) et, éventuellement, d'une nouvelle biomasse non toxique pour l'homme et pour l'environnement (**Rutot et Dubois,**

2004). Les matériaux biodégradables peuvent avoir deux origines : l'industrie pétrochimique ou les ressources renouvelables.

II.2. Films à base de biopolymères naturels

Ces dernières années, on rencontre fréquemment des mots tels que « biodégradable », « biocompatible », « compostable », « renouvelable », « durable », « vert » et « biopolymères » sont les mots-clés les plus fréquemment observés dans la littérature relative aux emballages. Cela reflète les préoccupations de la société concernant les problèmes environnementaux causées par les déchets solides non biodégradables et l'épuisement des ressources naturelles (Rhim et Ng, 2007).

II.2.1. Application

Trois grands créneaux d'applications sont identifiés par rapport aux propriétés des biopolymères (Rabetafika et al, 2006) :

II.2.1.1. Le domaine médical

Les premières applications des biopolymères sont médicales d'autant plus que leurs coûts élevés de départ se justifient dans ces applications à haute valeur ajoutée.

II.2.1.2. Le domaine d'emballage

Dans le domaine de la vie courante, le secteur de l'emballage est un autre créneau important pour le marché des polymères biodégradables. 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. Ces biopolymères permettent de couvrir une large gamme d'applications dans le secteur emballage.

II.2.1.3. Le domaine agricole

Dans ce domaine, les films de paillage à base de biopolymères s'imposent progressivement en remplacement aux paillis en polymères conventionnels. Leur fonction principale est de réduire l'évaporation de l'eau et d'accroître la température du sol pour favoriser la croissance des jeunes plantes au printemps. Les paillis en polymères biodégradables évitent le ramassage et le traitement des déchets puisqu'ils se dégradent in situ.

II.2.2. Bases des biopolymères naturels

II.2.2.1. Les protéines

Les biopolymères protéiques dérivés de sources animales comprennent le collagène, la gélatine, la protéine myofibrillaire de poisson, la kératine, la protéine de blanc d'œuf, la caséine et la protéine de lactosérum. Les matériaux filmogènes protéiques dérivés de sources végétales comprennent la zéine de maïs, le gluten de blé, les protéines de soja, les protéines d'arachide et les protéines de graines de coton.

II.2.2.2. Les polysaccharides

Les biopolymères polysaccharidiques comprennent l'amidon, les dérivés d'amidon, cellulose, les dérivés de cellulose, l'alginate, le carraghénane, le chitosane, le pectinate et diverses gommes.

II.2.2.3. Les lipides

Les lipides comestibles comprennent la cire d'abeille, la cire de candelilla, la cire de carnauba, les triglycérides (par exemple, les fractions de matière grasse du lait), les monoglycérides acétylés, les acides gras, les alcools gras et les esters d'acides gras de saccharose. Les résines comestibles comprennent la gomme laque et la résine terpénique. Étant donné que les matières lipidiques et résineuses ne sont pas des polymères, elles ne forment généralement pas des films autonomes cohésifs. Cependant, en plus de fournir souvent un brillant souhaitable, ils peuvent être utilisés pour revêtir une surface d'aliment ou de médicament pour fournir une barrière contre l'humidité ou pour fournir le composant barrière contre l'humidité d'un film composite (**Gennadios, 2002**).

II.2.3. Polymères naturels synthétisés par les systèmes vivants : amidon

Parmi la famille des carbohydrates, l'amidon occupe une position unique. On le trouve dans les organes de réserves de nombreuses plantes et est considéré comme le polymère naturel le plus abondant après la cellulose. Il est constitué d'unités glucose $C_6H_{12}O_6$. L'amidon est biosynthétisé sous forme de grains dont la taille, la forme et la structure cristalline dépendent de son origine botanique. Il représente une fraction pondérale importante dans un grand nombre de matières premières agricoles comme les céréales (30% à 70%), les tubercules (60% à 90%) et les légumineuses (25% à 50%). 50% de l'amidon produit industriellement sont destinés à l'alimentation humaine. C'est un nutriment abondant, renouvelable, peu

coûteux, qui trouve dans les aliments de multiples fonctions comme épaississant, gélifiant, liant sous sa forme d'empois d'amidon granulaire. Sous forme hydrolysée, l'amidon est utilisé comme matière sucrante, liante ; il fait partie des additifs alimentaires (Singh *et al.*, Kaur et McCarthy, 2007).

L'Amidon Egalement utilisé dans de nombreux secteurs de l'industrie non alimentaire : industrie du papier, médecine, cosmétique, textile, etc. (Wertz, 2011).

II.2.3. 1.Composition et structure moléculaire

L'amidon consiste en deux glucanes structurellement différents : l'amylose, polymère linéaire (c.-à-d. non branché) (5 à 30% de l'amidon) et l'amylopectine, polymère fortement branché. L'amylopectine est le constituant principal de la plupart des amidons (70 à 95%) de l'amidon (Stanojlovic-davidovic, 2006). Les proportions respectives de ces deux constituants varient suivant l'origine botanique. L'amidon contient également d'autres matières non polysaccharidiques dans des proportions très faibles : des lipides, des protéines et des matières minérales.

✓ Amylose

L'amylose est un polymère constitué d'unités D-glucose liées par des liaisons de type α -(1,4). À l'état natif, il contient de 500 à 6000 unités glucose selon l'origine botanique réparties en plusieurs chaînes. Son degré de polymérisation moyen (DP) est de l'ordre de 500 et qui correspondant à une masse molaire moyenne en poids MW comprise entre 105 – 106 g/mol. Certaines chaînes d'amylose peuvent être ramifiées par des liaisons α (1,6), cependant le nombre de ces liaisons est faible et celles-ci semblent être fréquemment situées près de l'extrémité réductrice (Banks et Greenwood, 1968).

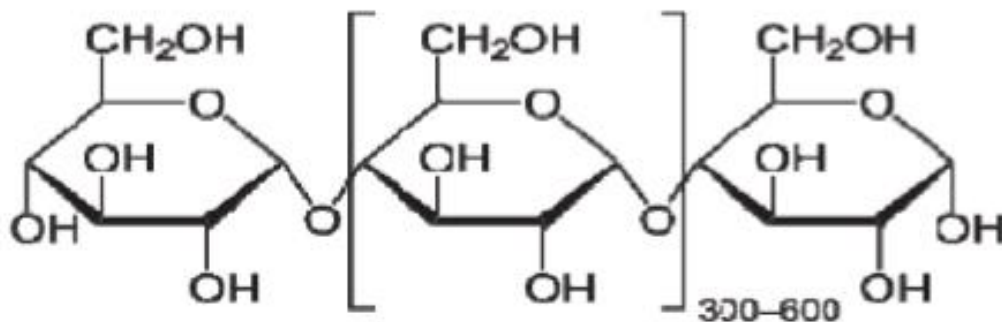


Figure 2 : Structure chimique de l'amylose (Donovan, 1979)

✓ Amylopectine

L'amylopectine constitue 70 à 80 % de la fraction glucidique de l'amidon. Il s'agit d'une macromolécule relativement similaire à l'amylose. C'est une grosse molécule avec 10 000 à 100 000 unités de glucose répétées. On y retrouve en effet les unités de D-glucose reliées entre elles par des liaisons α -(1,4), mais auxquelles viennent s'ajouter des chaînes reliées en α -(1,6) responsables des ramifications (**Liu *et al.*, 2009**).

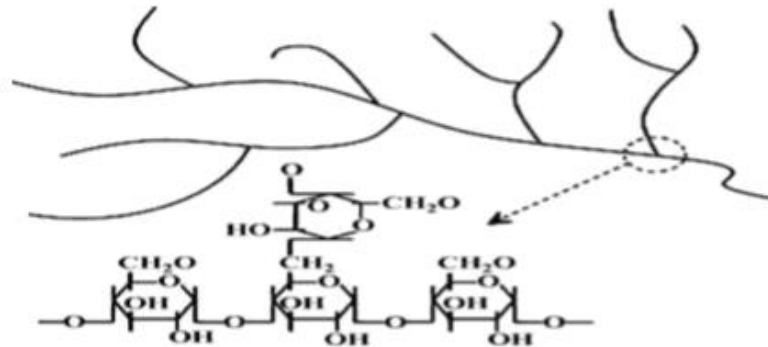


Figure 3 : Structure chimique de l'amylopectine (Liu *et al.*, 2009)

Sur la base de la teneur en amylose (selon la source végétale), l'amidon est divisé en amidon standard (20-35 % d'amylose), amidon cireux (moins de 15 % d'amylose) et amidon muté ou amylose (+ 40 % d'amylose). Certaines espèces avec des génotypes dits mutants ont une teneur en amylose très faible ou très élevée. C'est le cas du maïs cireux (moins de 1 % d'amylose) et de l'amylose (près de 80 % d'amylose).

L'amidon est présent dans les organes de stockage de nombreuses plantes, telles que les légumineuses et les fruits. Dans l'amidon, nous incluons toutes les céréales (riz, blé, orge, maïs, etc.). Ainsi, le pain, les pâtes, la semoule, la farine... fabriqués à partir de ces grains sont des composants logiques des féculents. On y ajoute également des pommes de terre, du manioc, des patates douces, des ignames et autres tubercules (et leurs dérivés). Les légumineuses (pois, soja, etc.) sont aussi des féculents. Au niveau du fruit, l'amidon se trouve dans les bananes non mûres, où il est hydrolysé enzymatique en molécules de glucose, leur conférant des propriétés de maturation.

II.2.3. 2.Utilisation de l'amidon dans l'industrie

L'amidon est utilisé industriellement dans plusieurs applications et sous plusieurs formes. Il peut être utilisé à l'état naturel, sous forme de poudre, en film, cuit en milieu aqueux et

Chimiquement modifier ou non. L'amylose et l'amylopectine contiennent de nombreux groupements hydroxyle et aldéhydique, leur conférant un potentiel réactionnel important. D'ailleurs, ce potentiel est largement exploité dans les industries puisqu'il existe un bon nombre de procédés industriels ayant pour but de modifier chimiquement la structure de L'amidon natif soit par oxydation, par réticulation, par estérification ou par hydrolyse (Trubiano, 1983).

II.2.3. 3. Transformation de l'amidon : plastification

L'amidon a des propriétés thermoplastiques qui sont obtenues en déstructurant le granule natif en présence d'eau et de plastifiants, sous contraintes thermomécaniques. Le résultat de la déstructuration est un mélange homogène d'amidon plastifié, qui peut être mis en forme à l'aide des techniques traditionnelles de plasturgie (injection, extrusion). Les plastifiants sont, en général, les polyols (glycérol, sorbitol...) ou leurs mélanges. Ils ont un point d'ébullition élevé et ne sont pas évaporés pendant le processus (Sahoré Drogba, 2010).

Chapitre II

Etude sur le chêne

II. Le chêne

II.1. Histoire des chênes

Plusieurs centaines d'espèces (entre 200 et 600) appartiennent au genre *Quercus* et sont réparties dans tout l'hémisphère nord, depuis les tropiques jusqu'aux limites septentrionales des zones tempérées. En raison des nombreuses formes intermédiaires issues de l'introggression interspécifique, leur nombre est une source de controverse pour les taxonomistes. La monographie *Quercus de Camus* (1934-1954) de **Kremer et al. (2002)** est sans doute la plus complète. Elle divise le genre en six grands groupes botaniques, les *Lepidobalanus* (152 espèces) et les *Erythrobalanus* (136 espèces) étant les deux plus importants en termes de nombre.

Les premières traces de Chênes, ont été trouvées dans des restes fossilisés en Amérique du Nord, datant de l'oligocène (il y a 35 millions d'années). On pense que la majorité des espèces actuelles ont divergé dès le pliocène (il y a environ 10 millions d'années), lorsque le genre *Quercus* s'est littéralement développé. La "zone de diversification" du genre se situe sans aucun doute en Amérique du Nord ou en Asie du Sud-Est.

Tout au long du Tertiaire, des changements climatiques d'amplitude importante ont conduit à l'apparition de nouvelles espèces, qui sont restées confinées aux latitudes méridionales. Avant la fin du troisième siècle, un petit nombre d'espèces composaient la forêt mixte de conifères "transcontinentale" qui s'étendait de l'Eurasie à l'Amérique du Nord (**Manos et Stanford, 2001**).

La répartition des chênes telle qu'elle est aujourd'hui est le résultat de changements climatiques périodiques qui se sont accentués au cours du quaternaire. Depuis le début du quaternaire, il y a 2 millions d'années, il y a eu plus de 17 alternances de périodes glaciaires (de durée variant entre 50 à 100 000 ans) et interglaciaires (de durée variant entre 10 à 20 000 ans). Ces alternances sont causées par des cycles d'extinction et de recolonisation qui ont fortement influencé la diversité actuelle des forêts (**Le Corre, 1997a in Kremer et al., 2002**). Ils ont en réalité constitué un puissant facteur de sélection qui a entraîné l'éradication d'espèces ou de groupes d'arbres forestiers spécifiques en Europe (*Sequoia*, *Taxodium*, *Liquidambar*, *Tsuga*, *Carya*, *Pterocarya*, etc.). Cependant même parmi les espèces survivantes, cette diversité peut avoir diminué ou, au contraire, augmenté en raison de la fragmentation régionale.

Les conséquences prévues du changement climatique sur la diversité génétique future soulèvent de nombreuses questions. Certains prédisent que cela sera testé, tandis que d'autres fondent leurs jugements sur l'adaptation des chênes à ces changements en réponse aux changements climatiques passés, en particulier depuis la dernière période glaciaire (**Kremer et al., 2002**).

II.2.Répartition géographique du chêne

II.2.1.Au niveau mondial

Le chêne (*Quercus*) occupe une place remarquable parmi tous les peuplements forestiers, avec 33% de la superficie mondiale boisée (**Bouderoua, 1995**). En matière d'occupation du tapis végétal de notre planète, le chêne pousse surtout dans le bassin méditerranéen, Sicile, Italie, Sardaigne, Corse, Midi de la France, Espagne, Algérie, Tunisie, Maroc et Portugal où les conditions climatiques sont favorables à sa végétation (Altitude, Pluviométrie, Température) (**El Mahi, 2016**). En Asie, poussent exclusivement le *Quercus semecarpifolia* Rees., *Quercus lanata* Sm. Et *Quercus leucotrichophora* Camus. En Europe, on trouve du *Quercus Castaneifolia* Ca. Mey, *Quercus Pedunculata* Bor, *Quercus Sessiliflora* L., *Quercus Pubescens* Will et *Quercus Cerris* L. Dans le bassin méditerranéen, où le chêne est très abondant, on trouve plusieurs espèces : *Quercus ilex* L., *Quercus coccifera* L., *Quercus Suber* L., *Quercus infectoria* Oliv, *Quercus laginea* Lam, *Quercus Fruticosa* Brot. Et *Quercus pyrenaica* Willd. (**CNRS, 1975**).

II.2.2.Au niveau d'Algérie

Selon **Boudy (1955)**, les chênes qui appartiennent à la famille des cupulifères et au chêne, comprennent en Afrique du Nord six espèces :

- Chêne Liège
 - Chêne Vert
 - Chêne Kermès
 - Chêne Zeen
 - Chêne Afarés
 - Chêne du Portugal
-
- } Feuilles persistantes
- } Feuilles caduques

Selon Belarouci (1991), la carte forestière montre l'énorme répartition des chênes, qui occupent une superficie de 1.062.000 ha répartie en :

- 643.000 ha de chêne liège (*Quercus suber* L.).
- 354.000 ha de chêne vert (*Quercus ilex* L.).
- 65.000 ha de chêne Kermès (*Quercus coccifera* L.) et de chêne Afarés (*Quercus afarés* L.)

II.3.Composition chimique et valeur nutritionnelle

Selon plusieurs auteurs, les glands contiennent environ de 48 à 50 pour cent d'amidon, 2 à 5 pour cent de protéines et une faible teneur en graisses saturées (moins de 4 pour cent), présentant une valeur nutritive supérieure à celle des céréales habituellement consommées. Leur teneur en amidon et autres glucides, ainsi qu'en fibres, protéines et vitamines (principalement A et E), permettent de les considérer comme une source importante d'énergie (Vinha *et al.*, 2016).

Le gland de chêne constitue une source nutritionnelle très importante pour les ruminants et la volaille, c'est un aliment énergétique vu sa richesse en amidon (Afraitane, 1990), il est riche en vitamine A et C et pauvre en B1 et B2, qui sont respectivement de 2,1 mg/kg et 0,8 mg/kg (Foudhil, 1990). Le gland de chêne est riche en calcium, en potassium, fer et en sodium, et contient des traces de magnésium, possède un index glycémique et insulínémique bas, ce qui le rend intéressant pour la protection contre l'augmentation du glucose sanguin après les repas (Belarbi 1990). Il est ainsi riche en acides gras essentiel (oléique: 66.8%) (Belarbi, 1990).

L'amidon de gland, en particulier, présente une consistance pâteuse dense, permettant son utilisation comme ingrédient alimentaire, notamment en tant qu'agent épaississant et stabilisant (Vinha *et al.*, 2016). En effet, l'intérêt pour d'autres sources d'amidon a augmenté avec l'apparition de nouvelles applications industrielles. Ainsi, les glands pourraient être un ingrédient prometteur pour l'industrie alimentaire à fort potentiel commercial (Vinha *et al.*, 2016). D'après De Hody (2016), les glands, en plus de leurs apports importants en glucides et protéines mentionnés plus haut, sont également riches en calcium (43 mg/100 g), phosphore (314 mg/100 g), potassium (712 mg/100 g), vitamine B2 (0.4 mg/100 g), et possèdent un index glycémique bas. Ce fruit est très nourrissant, puisqu'à poids égal, il est deux fois plus calorique que la châtaigne.

II.4. Usage du gland de chêne

Toutes les espèces produisent un fruit très connu, appelé communément «gland». Il semble que l'origine du terme «ballout» vienne de celle du chêne vert, que l'on le retrouve dans l'espagnol bellota. Traditionnellement, les glands étaient surtout utilisés comme fourrage ou comme aliment de secours en cas de famine (**Bernardo-Gil, 2005 cité par Vinha et al., 2016**). En Algérie, comme dans certains pays méditerranéens, le gland de chêne vert est utilisé en alimentation humaine et animale et même dans certaines transformations biotechnologiques (**François et Philippe, 1999**).

- **En alimentation humaine :** Leurs applications potentielles en nutrition humaine se traduisent par la consommation de glands entiers (ils rappellent alors les châtaignes), en farine (en raison d'un contenu élevé en amidon) ou en tant qu'huile de cuisson (pour sa haute similitude avec l'huile d'olive).seul le gland doux de variété ballota est utilisé en alimentation humaine jusqu'à la deuxième guerre mondiale, les pénuries de blé et de l'orge ont poussé les populations d'Algérie et du Maroc à utiliser la farine du gland pour la préparation de couscous, un délicieux pain de glands "riche et huileux et de bouilles (**Mezali, 1985**). Actuellement le gland doux comestible est utilisé en alimentation humaine et fait l'objet de commerce non négligeable dans certaines régions d'Algérie (**Kheddam, 2005**).
- **En alimentation animale :** les populations riveraines des chênaies utilisent les glands séchés en bouillies pour l'engraissement des ovins. L'intérêt de leur utilisation réside dans leurs richesses en amidon. Toutefois, les apports en protéines et en vitamines des glands demeurent faibles (**Kheddam, 2005**). Le gland de chêne vert constitue une grande source nutritionnelle pour beaucoup d'animaux, dans ce sens plusieurs travaux sur les aptitudes nutritionnelles des régimes à base de gland de chêne ont été effectués (**Zegai et Medouni, 2013**). En industrie agroalimentaire: cette perspective est en cours d'évolution notamment en Algérie, bien qu'il n'existe quasiment pas d'industrie spécialisée dans la transformation du gland de chêne, des recherches encouragent aujourd'hui cette démarche de valorisation de produits du terroir autre que la transformation artisanal mais de développer ce concept à l'échelle industrielle. Le gland possède également des substances actives (polyphénols dont les tanins et flavonoïdes) permettant son utilisation dans la préparation d'aliments fonctionnels (**Rakić et al., 2006**).
- **En pharmacologie :** Le chêne produit une écorce et des feuilles aux vertus médicinales (**De Hody, 2016**). Certaines espèces de chêne sont utilisées en médecine traditionnelle. À titre

d'exemple, en Méditerranée, le chêne kermès (*Q. coccifera*) est utilisé contre les hémorroïdes, le diabète, la diarrhée et les calculs rénaux ; il est aussi connu pour ses propriétés hypotensives et cicatrisantes et son potentiel neuroprotecteur (**Şenol et al., 2017**). l'écorce astringente et tonique est employée contre les diarrhées, angines, affections chroniques de la rate et cirrhose du foie et autrefois comme contre poison. La teneur en matière grasse du gland de chêne rapportée par la littérature est très variable Il semble que les variétés de gland Algérien sont plus riches en lipides (**Foudhil, 1990; Belarbi, 1990**). Cette particularité est susceptible d'influencer favorablement leurs efficacités énergétiques mais peut s'avérer néfaste à leur conservation (**Bouderoua, 1995**).

- **Autres usages :** le bois de chêne vert, lourd, dur, compact, homogène excellent bois de chauffage, il permet également de fabriquer un charbon de bois de très bonne qualité (**Becker et al., 1982**).

II.5. le chêne vert

II.5.1.Définition

Le chêne vert (*Quercus ilex* L.) appelé aussi yeuse, est une espèce sempervirente de la famille des Fagacées. Il est considéré comme l'une des espèces les plus caractéristiques de la région Méditerranéenne (**Quezel, 1976 ; Ogaya et Penuelas, 2007**). Il s'agit d'une essence forestière distincte qui ne peut être confondue avec d'autres chênes en raison de ses caractéristiques morphologiques distinctes.



Figure 4 : chêne vert

II.5.2.Taxonomie de l'espèce

La taxonomie du chêne vert a fait l'objet de nombreuses études. Selon **Barbero (1980)**, les caractéristiques très polymorphes de cette espèce ont conduit à une division systématique désorganisée et non résolue. **Nixon (1993)** a proposé la classification suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Embranchement** : Spermatophyta
- **Sous-embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous classe** : Archichlamydeae
- **Ordre** : Fagales
- **Famille** : Fagaceae
- **Genre** : *Quercus*
- **Espèce** : *Quercus ilex* L.
- **Nom latin**: *Quercus ilex*

II.5.3. Les caractères botaniques

Le chêne vert est une espèce très variable qui se distingue par une différenciation écologique, biochimique et génétique, comme l'a souligné **Seigue en 1985**.

Le chêne vert est un arbre de taille moyenne qui peut atteindre 8 à 10 mètres de hauteur, voire 15 à 20 mètres, avec un diamètre pouvant aller jusqu'à un mètre. Les futaies de chêne vert sont rares, mais les taillis et les garrigues sont fréquents. La cime de l'arbre est généralement ovale et arrondie, mais peut prendre une forme élancée ou en chandelle dans les peuplements serrés. Les feuilles du chêne vert sont persistantes et restent sur l'arbre pendant plus d'un an, parfois jusqu'à la troisième ou quatrième année, avec une forme variable, petite ou moyenne, elliptique, ovale arrondie, lancéolée ou orbiculaire. (**Dahmani-Megrerouch, 1984; Seigue, 1985**).

Le tronc est de petite taille, souvent tordu avec une écorce écaillée (écailles petites et plus ou moins carrées), finement fissurée, peu épaisse et de couleur noirâtre (**Rameau *et al.*, 1989 et 2008**).

L'écorce est peu épaisse, grise et assez lisse au jeune âge. Elle se crevasse par la suite et forme de petites écailles polygonales gris brunâtres ou noirâtres. La racine est fortement pivotante, avec plusieurs racines latérales qui sont traçantes et drageonnâtes jusqu'à un âge avancé.

Le bourgeon du Chêne vert est de petite taille arrondi ou ovoïde de couleur brun marron. Parfois, plusieurs bourgeons peuvent être rassemblés à proximité des rameaux (**Rameau *et al.*, 1989 et 2008**).

Le chêne vert est une espèce d'arbre à fleurs monoïques, c'est-à-dire que chaque individu porte les organes reproducteurs mâles et femelles sur des fleurs séparées (**Rameau *et al.* 2008**) et probablement équipé d'un système d'auto-incompatibilité (**Yacine et Lumaret, 1988 ; Michaud *et al.*, 1992 in Salmon, 2004**).

Les chatons de fleurs mâles sont assez abondantes, allongées et pubescentes, et peuvent recouvrir entièrement l'arbre d'une teinte jaune à reflets roux. Les fleurs femelles sont plus petites, plus discrètes, verdoyantes et disposées par groupes de deux ou trois à l'extrémité des tiges ramifiées (**Rameau *et al.*, 1989 et 2008**).

La floraison a lieu entre Avril et Mai et la dispersion du pollen est anémophile (**Rameau *et al.*, 1989 et 2008**). La structure particulière des fleurs mâles (chatons) facilite la libération des grains de pollen par le vent.

II.5.4. Répartition géographique

II.5.4. 1. Dans le monde

Quercus ilex L. est originaire de la région méditerranéenne vers le Nord et le bassin de la Loire. En dehors de cette région, il est cultivé et parfois naturalisé, notamment en France septentrionale et en Angleterre méridionale (**Tutin *et al.*, 1993**).

Le *Quercus ilex* est présent dans la plupart du bassin méditerranéen, parfois même au-delà. L'aire de répartition du chêne vert couvre une partie considérable du bassin méditerranéen.

Quercus ilex, avec ses 30 20000 hectares, constitue l'une des essences forestières les plus représentatives de cette zone (**Dahmani-Megrerouch, 1997**). Cependant, il est plus répandu dans le bassin occidental de la Méditerranée. Il s'agit d'une espèce circumméditerranéenne car sa plus grande extension se situe dans la partie occidentale (**Dahmani- Megrerouch, 1984**).

Cette espèce de chêne vert a une large répartition, avec les formations les plus anciennes se trouvant en Asie centrale. Elle s'étend de la Grande-Bretagne jusqu'à l'Himalaya (**Boudy, 1955**).

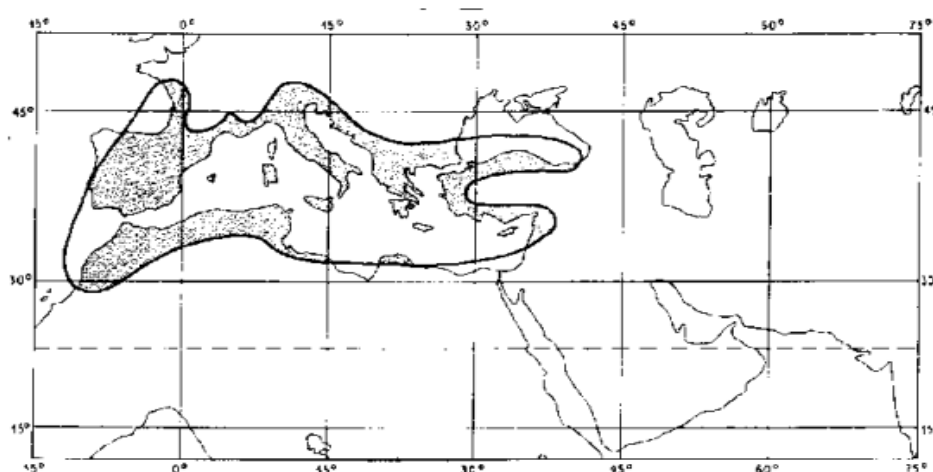


Figure 5 : Distribution de *Q. ilex* dans le Bassin Méditerranéen (Barbero et Loisel, 1980)

Quercus ilex, est principalement présent dans la partie ouest du bassin méditerranéen. Sa zone de distribution diminue dans la partie centrale du bassin et disparaît complètement dans la zone orientale. La limite nord de cette zone de distribution semble être due à la concurrence avec des espèces mieux adaptées plutôt qu'à une inadaptation aux conditions climatiques, car l'amplitude écologique du chêne vert est très importante tant du point de vue climatique (thermique et hydrique) qu'édaphique (Barbero *et al.*, 1992).

Tableau 1 : Surfaces forestières occupées par le chêne vert dans quelque pays (Haichour, 2009).

Pays	Surfaces (ha)
Espagne	2890 000
Algérie	680 000
Portugal	530 000
Italie	380 000
France	350 000
Maroc	134 000
Tunisie	80 000

II.5.4. 2. En Algérie

Le chêne vert est une essence importante dans les forêts algériennes. Selon les données des superficies forestières de l'année 1997, il est classé troisième en termes de superficie forestière, après le pin d'Alep (800000ha) et le chêne liège (463000 ha) (**Ghazi et Lahouati, 1997 In Ferka- Zazou, 2006**). Le chêne vert se trouve principalement dans les régions côtières, les massifs montagneux, littoraux et l'Atlas tellien inclus dans le domaine Magrèbin-méditerranéen (**Dahmani- Megrerouch, 1997**).

Le chêne vert est présent en abondance sur le littoral à des altitudes allant de 900 à 2000 mètres et en bordures des hauts plateaux tels que Aurès, Kabylie, Tlemcen et atteint souvent la limite de la végétation. Cette espèce est surtout présente dans le Nord-Ouest du pays. Cependant, la surface de cette forêt a fortement diminué en une dizaine d'années, passant de 680 000 hectares en 1985 à 354 000 hectares en 1997 (**Seigue, 1985**).

Le chêne vert est une essence commune et résistante du pourtour méditerranéen. Rustique et régénérant par rejets ou drageons jusqu'à un âge avancé. En Oranie, le chêne vert constitue de vastes massifs purs en taillis essentiellement vers Tiaret et Saïda. Il accompagne à travers tout le territoire du Nord Algérien des espèces telles que le Pin d'Alep et le Cèdre de l'Atlas (**Louni, 1994**).

Selon les données de 2009 compilées par la direction générale des forêts, Le chêne vert du Parc National du Djurdjura couvrent 3343,95 hectares dont 30% sont lié au cèdre de l'Atlas et 13% au chêne vert pur. Les garrigues occupant plus de 50% de la superficie totale estimée. Dans le Parc National de Chréa Le chêne vert couvre 10 400 hectares à des altitudes comprises entre 800 et 1 500 mètres (**Loukas, 2006**).

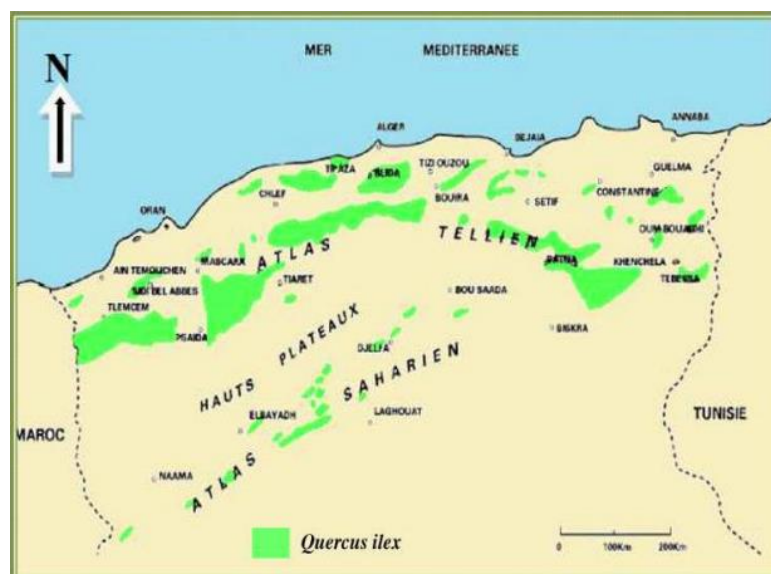


Figure 6 : Distribution géographique du chêne vert (*Q. ilex.*) en Algérie (Haichour, 2009).

II.5.5. Résistance aux contraintes environnementales

Une des principales raisons expliquant le succès du chêne vert en zone méditerranéenne réside dans sa remarquable résistance aux contraintes écologiques et en particulier hydriques. Car si les fluctuations saisonnières des ressources en lumière et dans une certaine mesure en température sont prédictibles il n'en est pas de même pour la ressource hydrique et les nutriments (**Kummerow et al., 1981**).

Réduire les ressources nécessaires à la croissance des plantes en région méditerranéenne. Croissance (les bourgeons éclatent et de nouvelles branches et de nouvelles feuilles sont créées) La reproduction a lieu au printemps avant l'apparition du déficit hydrique. Chêne vert Il présente de nombreuses caractéristiques biologiques qui lui permettent de survivre et de durer Fonctionne pendant la sécheresse, en plus des racines profondes, des chênes Les verts peuvent réagir à une sécheresse sévère en développant une surface d'évaporation Limitée, associée à de faibles réserves d'eau dans le sol dans lequel elle est cultivée (**Barbero et al., 1992**).

Ne autre réponse consiste à maintenir ouverte la pénurie d'eau potentielle. Il est très passif et peut maintenir la transpiration et, par conséquent, vous garder actif la photosynthèse est importante, ce mécanisme permet au chêne vert de maintenir son bilan carbone positif lors d'événements météorologiques extrêmement défavorables (**Acherar et al., 1991**). L'ensemble de ces réponses à la sécheresse permet au chêne vert de maintenir une certaine croissance, malgré le ralentissement important de l'activité physiologique (**De Lillis et Fontanella, 1992**).

II.5.6. Importance et usages du chêne vert

C'est un type de valeur économique assez faible, en effet, la qualité moyenne de son bois, Il ne peut pas être utilisé en menuiserie, mais il est utilisé dans la production manche d'outil, planche, planche étant un bois très lourd ou très dur, Mais il est compact et fournit du bois de chauffage de haute qualité. L'écorce de chêne est utilisée pour extraire les tanins, une substance indispensable le secteur industriel pour son excellente qualité.

Il est utilisé depuis l'Antiquité pour ses propriétés médicinales. Les Feuilles de chêne vert sont utilisées en médecine. Ils sont employés, à usage interne, contre les hémorragies, et Dysenterie, vers intestinaux et ulcères Pour un usage externe, il est recommandé d'utiliser les Gale et maladies de la peau. Par contre, le gland est comestible. L'objet d'un commerce insignifiant. (**Barbero, Quezel, 1989**).

Partie expérimentale

Chapitre III
Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail est de :

- Réaliser une enquête ethnobotanique auprès des ménages de la région de Mila pour voir les utilisations traditionnelles du chêne.
- Élaboration, caractérisation et application des biofilms bioactifs à base d'amidon extrait de chêne.

I. Enquête ethnobotanique

Une enquête ethnobotanique sur le chêne a été entreprise dans la région de Mila afin d'identifier ses utilités thérapeutiques et alimentaires.

I.1. Lieux de l'enquête

L'enquête s'est faite dans la wilaya de Mila est située à l'Est Algérien, à 464 km d'Alger et à 70 km de la mer Méditerranée. Elle fait partie de l'Est de l'Atlas tellien, avec une chaîne de montagnes qui s'étend d'Ouest en Est sur l'ensemble du territoire Nord du pays.

La wilaya de Mila est située au Nord-Est du pays. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Jijel, au Nord-Est par la wilaya de Skikda, à l'Ouest par la wilaya de Sétif, à l'Est par la wilaya de Constantine, au Sud-Est par la wilaya d'Oum Elbouaghi et au Sud par la wilaya de Batna. La wilaya de Mila est caractérisée par trois étages bioclimatiques : un climat humide pour les reliefs montagneux du Nord et de la partie médiane qui s'étend de Bouhatem à Aïn Tine, un climat semi-aride à subhumide pour la partie médiane de la wilaya (dépression et ses versants) et un climat semi-aride pour les hautes plaines (ANDI, 2013).

I.2. Questionnaire

La méthode d'étude est basée sur une fiche questionnaire (annexe 1) ethnobotanique soumise aux enquêtés au cours d'entretiens individuels. Ce questionnaire concerne le profil de chaque enquêté (région, âge et sexe, situation familiale, niveau intellectuel, niveau socio-économique) et les informations pharmacologiques et alimentaires de chêne (partie utilisée, forme d'emploi, dose utilisée, mode de préparation, le mode d'utilisation et les résultats obtenues).

I.3. Population enquêtée

Le questionnaire a été soumis à un échantillon aléatoire de 70 personnes âgées de 20 à 87 ans qui nous ont informés sur les applications thérapeutiques et alimentaires de chêne, la

partie utilisée ainsi que le mode de préparation et le mode d'utilisation. L'enquête a été réalisée au niveau des ménages des enquêtés.

II. Valorisation de l'amidon de chêne dans l'élaboration d'un biofilm

II.1. Extraction de l'amidon de chêne

II.1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour l'extraction de l'amidon est le chêne vert qui a été récolté dans une des chênaies de la willaya de Bordj Bou Arreridj.

II.1.2. Extraction de l'amidon

La méthode traditionnelle décrite par les enquêtés a été utilisée pour extraire l'amidon. Cette méthode consiste principalement à extraire l'amidon des glands de manière appropriée sans l'abîmer. Tout d'abord, les glands ont été trempés dans un pot contenant de l'eau de robinet pour éliminer les glands pourris flottant à la surface du pot. Les glands ont été triés, épluchés à l'aide d'un couteau en acier inoxydable.

Afin de se débarrasser de la substance amère des glands (les tanins), ils ont été trempés dans de l'eau bouillante pendant 2 ou 3 minutes.

Ensuite ils ont été broyés avec un mixeur (en ajoutant un peu d'eau pour faciliter le processus).

Le broyat qui en résulte est ensuite filtré sur un tissu blanc en coton. Cette opération a été répétée plusieurs fois jusqu'à ce que le liquide qui s'écoule de la filtration soit clair. Le filtrat réuni constitue le lait d'amidon. Ce dernier est laissé au repos pour sédimentation pendant 24 heures à 4°C. Au laboratoire le culot résultant est mis à sécher dans une étuve à température ambiante (45°C) pendant 24 heures.

L'amidon sec est ensuite broyé avec un mortier et tamisé avec une passoire afin d'obtenir une granulométrie équivalente à celle de l'amidon commercial (inférieure à 50µm). Le produit final après broyage constitue l'amidon natif.



Figure 7: L'amidon de chêne vert extrait

II.1.2.1. Détermination du rendement d'extraction

Le calcul du rendement d'extraction vise à déterminer l'efficacité du processus d'extraction identifié comme le pourcentage de poids (g) de l'extrait sec de l'amidon obtenu à partir de 1000g de chêne frais selon la formule suivante (Zhang *et al.*, 2007) :

$$R\% = M/M0 \times 100$$

Avec :

R% : rendement exprimé en pourcentage %

M : masse de l'extrait sec de l'amidon(g)

M0 : masse de chêne frais (g)

II.2.Elaboration de biofilm

Deux types de biofilm ont été élaborés : biofilm à base d'amidon extrait de chêne et à base d'amidon commercial.

Pour se faire, 5 g d'amidon (commercial ou extrait) a été mélangé avec 40 ml d'eau distillée. Ensuite 6 ml d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.1 mol/l et 5.2 ml de glycérol (solution aqueuse à 50% en volume) ont été rajoutés au mélange.

L'ensemble est placé au bain-marie et mélangé à l'aide d'une spatule, quand la température atteint 90°C (la température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre), 2 ml de la solution hydroxyde de sodium (NaOH) 0.1 mol/l ont été rajoutés.

L'agitation a été poursuivie pendant 8 minutes. Après 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) ont été rajouté.

À la fin, le mélange obtenu a été versé dans des boîtes pétries et placé dans une étuve à 45°C pendant 18 h (Vikas *et al.*, 2015 ; Djetouiet, 2012).

II.2.1. Caractéristiques des biofilms élaborés

II.2.1.1. Epaisseur des biofilms

L'épaisseur des biofilms à base d'amidon commercial et d'amidon de chêne a été déterminée à l'aide d'un pied à coulisse à partir de la moyenne d'au moins 3 mesures aléatoires effectuées dans chaque biofilm.



Figure 8 : pied à coulisse

II.2.1.2. Opacité

L'opacité des biofilms a été déterminée en mesurant la densité optique des biofilms coupés en morceaux rectangulaires de dimensions 1×4 cm avec un ciseau.

Ensuite, chaque morceau est individuellement placé dans une cuve puis en utilisant un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 500 nm. L'opacité a ensuite été calculée selon l'équation ci-dessous décrite par (Gontard *et al.* (1994):

$$\text{Opacité} = \text{absorbance à 500 nm} / \text{épaisseur du film}$$

II.2.1.3. Taux d'humidité

L'humidité d'une manière générale englobe toutes les substances qui s'évaporent par chauffage en entraînant une perte de masse de l'échantillon. Le taux d'humidité des films, a été déterminé en séchant de petits morceaux des films préparés préalablement pesés dans une étuve à 110 °C pendant 6 heures (Belibi *et al.*, 2014). La perte de poids est mesurée par une balance et interprétée comme un taux d'humidité.

II.2.1.4. Solubilité des biofilms dans l'eau

La solubilité dans l'eau des biofilms élaborés a été déterminée selon la méthode décrite par **Rhim *et al.* (2005)**.

Pour déterminer la masse initiale de film sec (MS), à partir de chaque biofilm les échantillons choisis d'une façon aléatoire ont d'abord été séchés dans une étuve à 110 ° C pendant 6 h. Ensuite, chaque échantillon a été séparément placé dans des béchers contenant 40 ml d'eau distillée.

Les béchers ont été enrobés du parafilm et conservés durant 24 h à température ambiante. En fin, les morceaux de biofilms ont été retirés des béchers, rincés avec de l'eau distillée et séchés dans l'étuve à 110 ° C pendant 6 heures pour déterminer la masse de biofilm non dissous.

En soustrayant la masse de matière sèche non dissoute de la masse initiale de biofilm sec, la masse de biofilm hydrosoluble (MH) est calculée. Le taux de solubilité (TS) du biofilm dans l'eau a été calculé à partir de l'équation ci-dessous:

$$TS = MH/MS \times 100$$

TS: Taux de solubilité

MH: Masse de matière humide

MS: Masse de matière sèche

II.2.1.5. Perméabilité des biofilms à la vapeur d'eau

Pour mesurer la perméabilité à la vapeur d'eau des films préparés, 5g de chlorure de calcium (CaCl₂) ont été ajoutés dans des béchers, ces béchers ont été ensuite recouverts par les films préparés et scellés avec du parafilm sans trous ni défauts.

Les béchers ont été placés dans un dessiccateur contenant de l'eau distillée afin de maintenir un gradient d'humidité relative autour de 100% à travers le film.

L'humidité relative à l'intérieur du bécher est toujours inférieure à celle de l'extérieur. La vapeur d'eau transférée à travers le film et adsorbée par le desséchant a été déterminée à partir de l'augmentation de masse du chlorure de calcium enregistrée à différents moments. Les béchers ont été pesés au départ et à chaque 12 heures dans un intervalle de 24 heures.

La Perméabilité à la vapeur d'eau WVP des films a été déterminé selon la norme **ASTM E96-00 (Mocon, États-Unis) (Bachrouh *et al.*, 2010)**.

$$\text{WVP} = (\text{G} \times \text{E}) / (\text{A} \times \text{t})$$

Où,

- ✓ G est le changement de poids (mg),
- ✓ t est le temps (jour),
- ✓ A est l'air (cm^2).
- ✓ et E est l'épaisseur de film (mm)

II.3. Elaboration des biofilms bioactifs et test de leur efficacité sur une matrice alimentaire

Afin de tester l'efficacité des emballages développés ainsi que les emballages composites (emballages développés additionnés d'extraits des plantes d'Inule visqueuse et de Menthe à feuilles rondes).

Les biofilms à base de l'amidon de chêne ont été préparés à nouveau mais additionnés cette fois-ci d'une concentration de 1 mg des deux extraits. Chaque extrait est individuellement ajouté dans les biofilms.

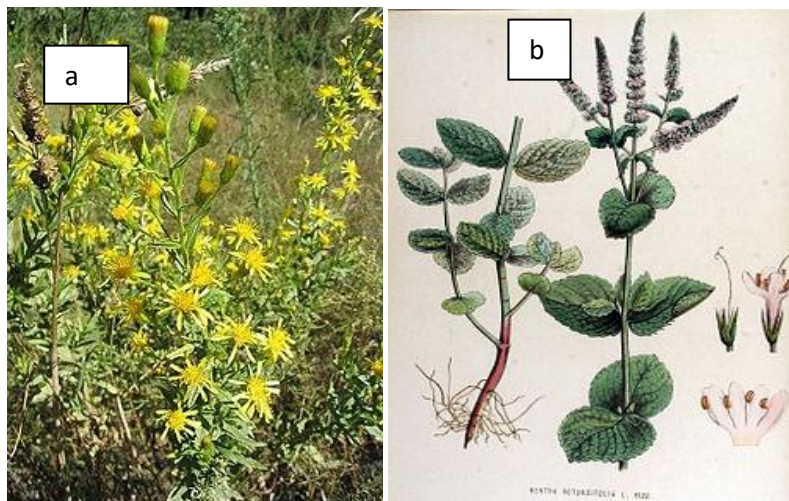


Figure 9 : plantes utilisées dans l'élaboration des biofilms bioactifs (a : Inule visqueuse) (b : Menthe à feuilles rondes)

Un test de conservation a été appliqué sur les tomates cerise afin de confirmer l'efficacité de l'emballage élaborés et composites. Ces tomates cerise fraîches ayant le même calibre sans détérioration ou blessure, ont été apportées du marché local, lavées et désinfectées avec de

l'eau contenant de l'eau de javel. Ensuite, elles ont été séchées et divisées en 5 groupes et chaque groupe contient 3 biofilms :

1. Le premier groupe a été laissé à l'air libre comme témoin négatif.
2. Le deuxième groupe emballé avec des biofilms à base d'amidon commercial.
3. Le troisième groupe emballé avec des biofilms à base d'amidon du chêne.
4. Le quatrième groupe emballé avec des biofilms à base d'amidon du chêne plus l'extrait d'Inule visqueuse.
5. Le cinquième groupe emballé avec des biofilms à base d'amidon du chêne plus l'extrait de Menthe à feuilles rondes.

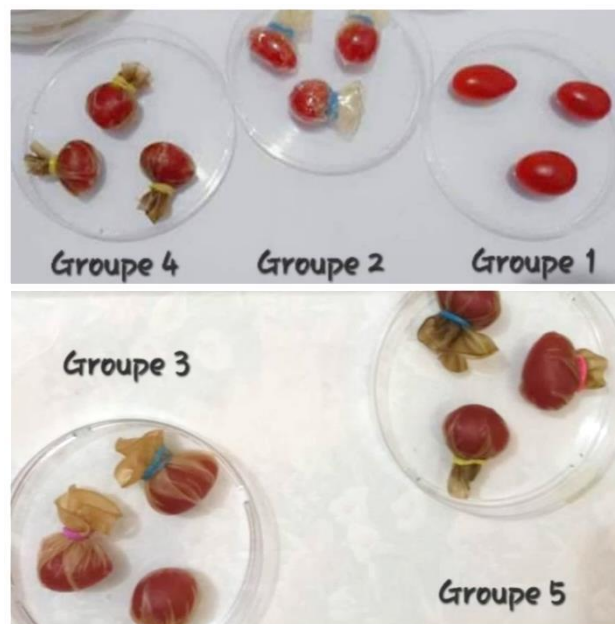


Figure 10 : Les 5 groupes de tomates cerise destinés à la conservation

III. Traitement statistique

Les données enregistrées sur les fiches d'enquêtes ont été traitées et saisies par le logiciel SPSS. L'analyse des données a fait appel aux méthodes simples des statistiques descriptives. Ainsi, les variables quantitatives sont décrites en utilisant la moyenne. Les variables qualitatives sont décrites en utilisant les effectifs et les pourcentages.

Tous les tests ont été effectués en triple. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm ET et analysés par le test de Student. Les valeurs de $p \leq 0.05$ sont considérées statistiquement significatives.

Chapitre IV
Résultats et discussion

I. Etude ethnobotanique

I.1. Description de la population enquêtée

Notre étude avait concerné 70 personnes choisies aléatoirement sans considération ni de leur situation sociale ni de leur niveau culturel.

I.1.1. Age

Les extrêmes d'âges de la population enquêtée variaient entre 20 et 87 ans. La majorité d'entre eux (56%) appartenaient à la tranche d'âge 30 à 60 ans. Tandis que la catégorie d'âge de moins de 30 ans représente le plus faible taux d'utilisation de chêne (14%) (Figure 11).

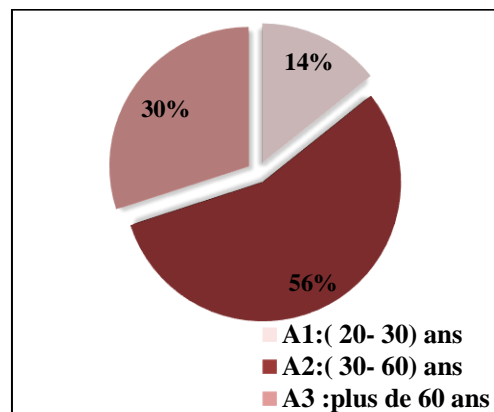


Figure 11: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par classes d'âge

I.1.2. Sexe

Le chêne est utilisé aussi bien par les femmes que par les hommes. Les femmes viennent en tête avec (54%) et les hommes après avec 46% (figure 12).

Des enquêtes ethnobotaniques ont montré que, généralement l'utilisation des plantes médicinales soit, dans le domaine culinaire ou médicale est plus fréquente chez les femmes que chez les hommes (Ziyyat *et al.*, 1997 ; Eddouks *et al.*, 2007).

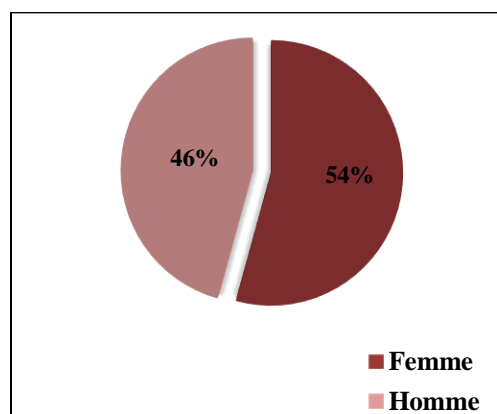


Figure 12: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par sexe

I.1.3.Situation familiale

La plante est beaucoup plus utilisée par les personnes mariées (77%) que par les célibataires (23%) (Figure 13).

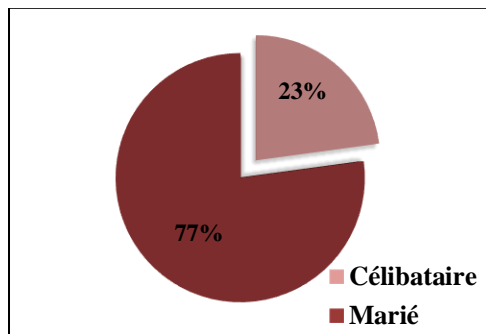


Figure 13 : Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par situation familiale

I.1.4.Niveau d'étude

Concernant le niveau académique, la plupart des personnes enquêtées sont universitaires (39%), les personnes restant se répartissaient entre une scolarisation secondaire (33%) et analphabètes (21%), et seulement (7%) des informateurs sont scolarisation primaire. Les résultats de cette répartition obtenus sont représentés sur la figure 14. Ils indiquent que le niveau académique n'a pas d'influence sur l'attachement de la société aux soins traditionnels.

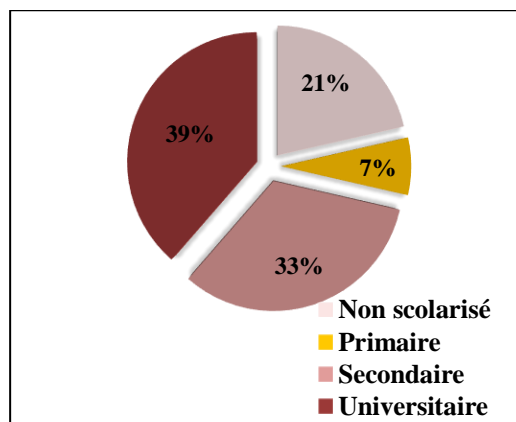


Figure 14: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par niveau d'étude

I.1.5.Milieu de vie

La Figure 15 montre la répartition de l'échantillon étudié selon leur milieu de vie. La majorité des enquêtés (71%) habitent dans des zones urbaines tandis que (29%) de la population étudiée habitent des zones rurales.

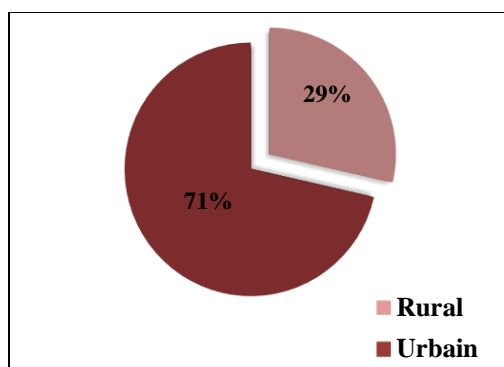


Figure 15: Répartition de la fréquence d'utilisation du chêne par milieu de vie

I.2. Informations sur le chêne

I.2.1. Domaine d'utilisation de la plante

Les enquêtés de la région de Mila affirment que le chêne a des utilisations alimentaire (51,1%) et thérapeutique (46,0%) et d'autres usages estimés à (2,9%) sont représenté en agriculture, industriel et cosmitique (Figure 16).

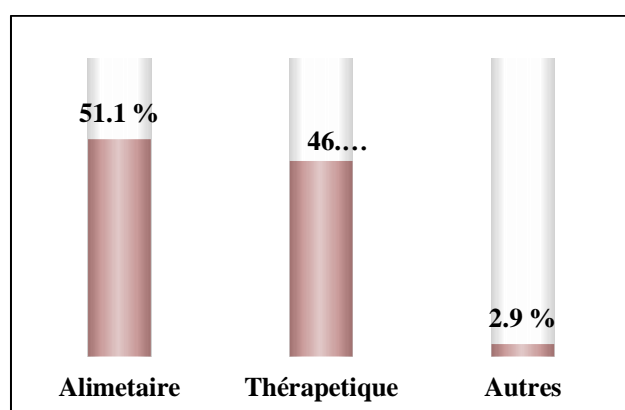


Figure 16: Domaine d'utilisation du chêne selon l'enquête

I.2.1.1. Utilisation thérapeutique du chêne

I.2.1.1.1. Les parties de plantes utilisées

Chaque partie de la plante a des propriétés thérapeutiques. Pour cela, le chêne peut être utilisés entières, ou en partie (feuille, tige, fleur, écorce, fruit, graine). Dans notre région d'étude, l'utilisation des fruits et de l'écorce est prédominante avec un pourcentage de (27,1%) et (24,3%) respectivement tandis que les grains désignent uniquement (5,6%) (Figure 17).

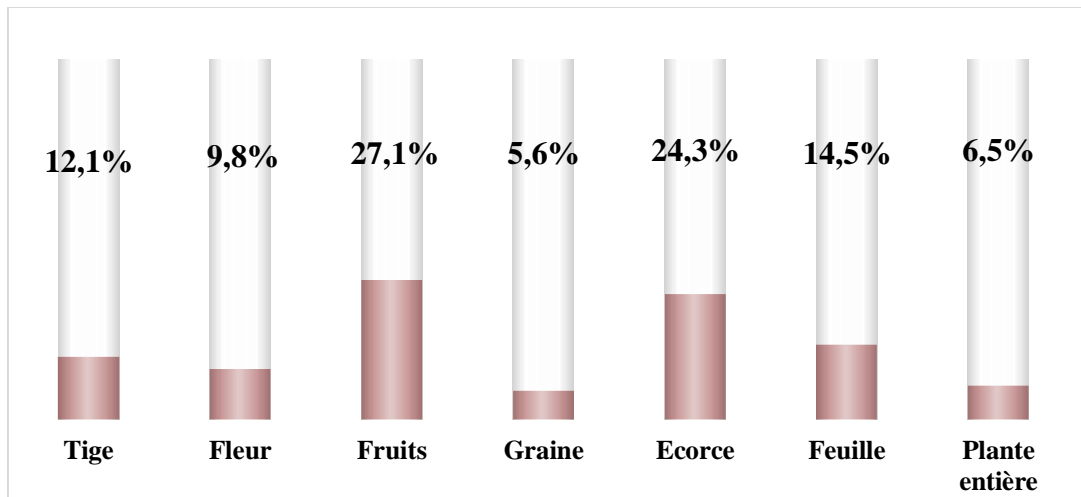


Figure 17: Parties du chêne utilisées

I.2.1.1.2. L'association de la plante

D'après les résultats obtenus, on a remarqué que de (52,3%) des enquêtés utilisent le chêne seul contre (12,5%) qui l'utilisent en association avec d'autre plante (Figure 18).

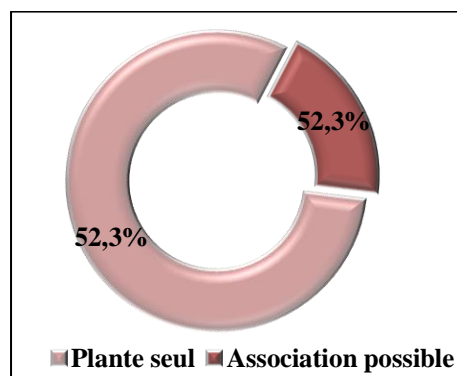


Figure 18 : Répartition de la fréquence d'association du chêne avec d'autre plante

I.2.1.1.3. Formes d'emploi du chêne utilisé

La figure 19, a révélé que (42,1%) du total des personnes enquêtées utilisent le chêne en tisane suivi de la forme en poudre et extrait avec un pourcentage de (36,1%) et (13,5%) respectivement. Seulement 8,3% des personnes utilisent le fruit entier du chêne.

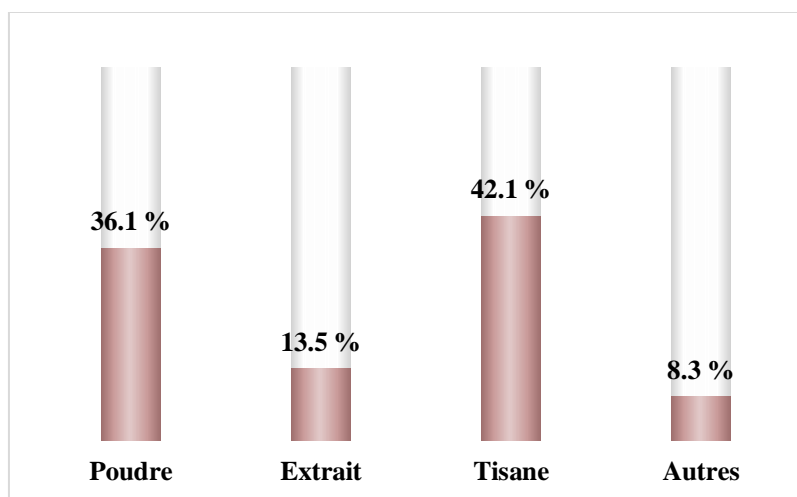


Figure 19 : Formes d'emplois du chêne utilisé

I.2.1.1.4. Mode de préparation

En phytothérapie, il y a plusieurs modes de préparation des plantes selon le type d'usage. Le chêne en ébullition est utilisé pour 40,6% de la population locale, suivi de chêne cru et en mode d'infusion avec des pourcentages de 16,4% et 14,1% respectivement. L'utilisation en mode de décoction et cataplasme ne représente que 12,5% des modes de préparation. Environ 3,9% de la population utilise d'autres mode de préparation tels que la cuisson, la fumigation et la macération du chêne (Figure 20).

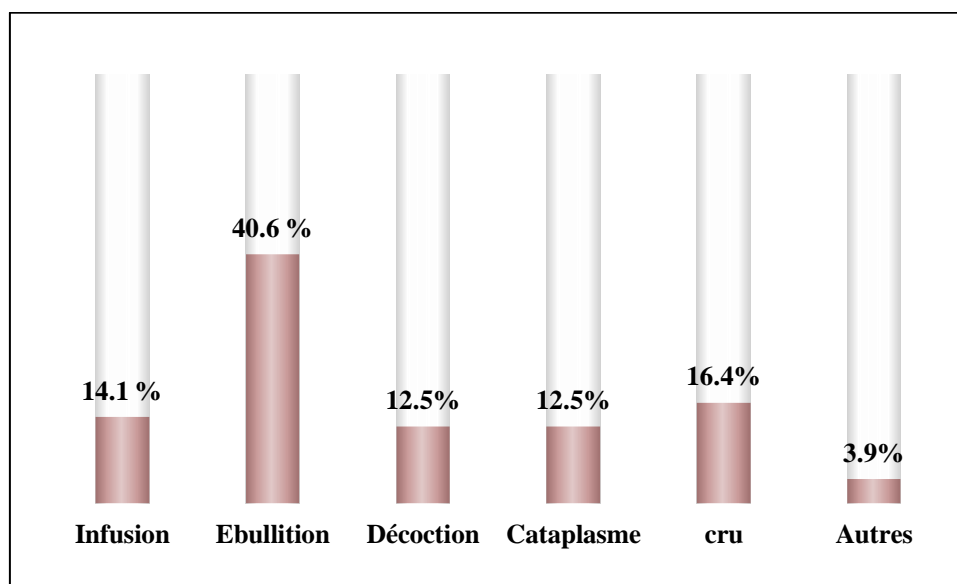


Figure 20 : Les modes de préparation du chêne utilisée

I.2.1.1.5. Dose utilisée

D'après la figure 21, nous remarquons que 52,1% des personnes interrogées utilisent une cuillère à soupe pour quantifier le chène utilisé pour traiter leurs problèmes sanitaires.

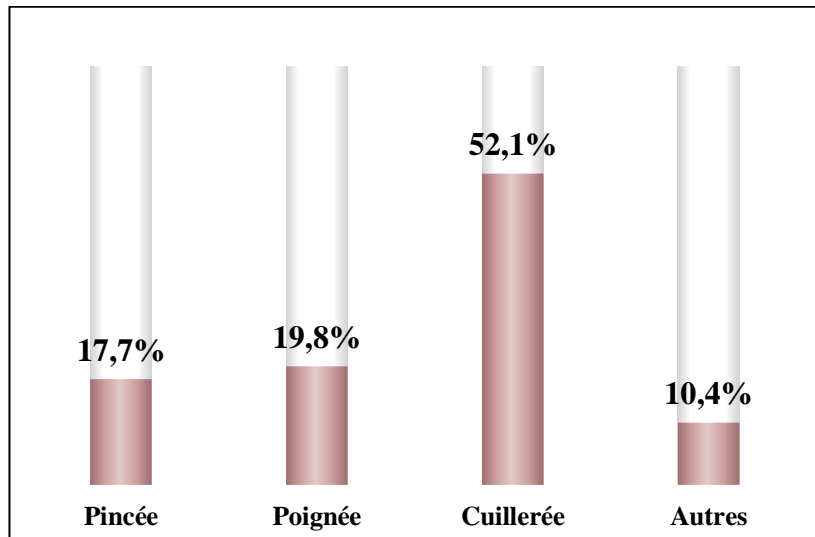


Figure 21: Dose du chène utilisé

I.2.1.1.6. Mode d'administration

La figure 22 ci-dessous présente la répartition de la population étudiée selon le mode d'administration de la plante. Les préparations étaient administrées chez 43,8% de la population par voie orale, chez 18,0% par massages et chez 16,4% par rinçage. Le badigeonnage est utilisé seulement chez 5,5%.

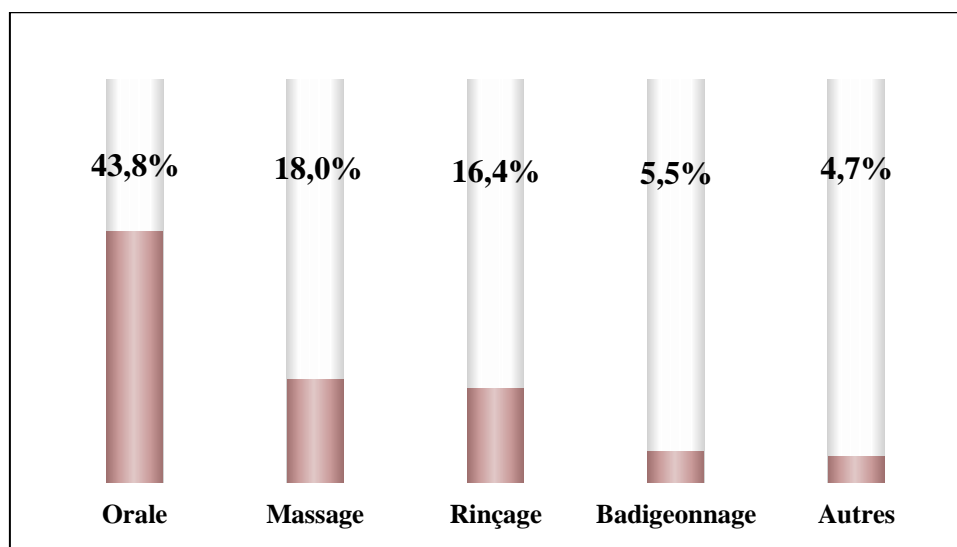


Figure 22 : Mode d'administration utilisée

I.2.1.1.7. Durée d'utilisation

D'après les résultats obtenus, il apparaît que la durée d'utilisation du chêne pour traiter les différentes pathologies varie d'une personne à l'autre. Près de 12.8 % l'utilisent pour une durée d'un mois, alors que 11,5% pour une durée d'une semaine. Généralement, ils pensent que les symptômes de guérisons et le risque d'avoir des effets secondaires, déterminent la durée du traitement (Figure 23).

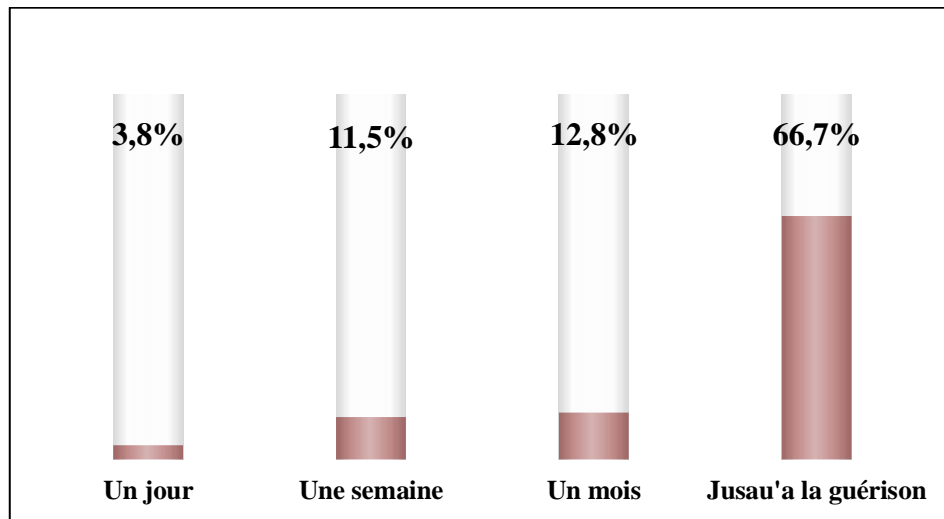


Figure 23 : Durée de traitement

I.2.1.1.8. Type de pathologie traité

A la lecture de la figure 24, les résultats obtenus montrent que la maladie la plus traitée par le chêne est celle de l'affection du tube digestif avec un taux de (21.3%), suivi par les affections dermatologiques avec un taux de (17.5 %). Alors que les affections génito-urinaires représentent un pourcentage de (15.7 %) et (9.0%) pour les affections des glandes annexes du tube digestif. Les affections ostéo- articulaires et métaboliques ne sont traités par le chêne que pour 7.5% et 7.1% respectivement de la population étudiée.

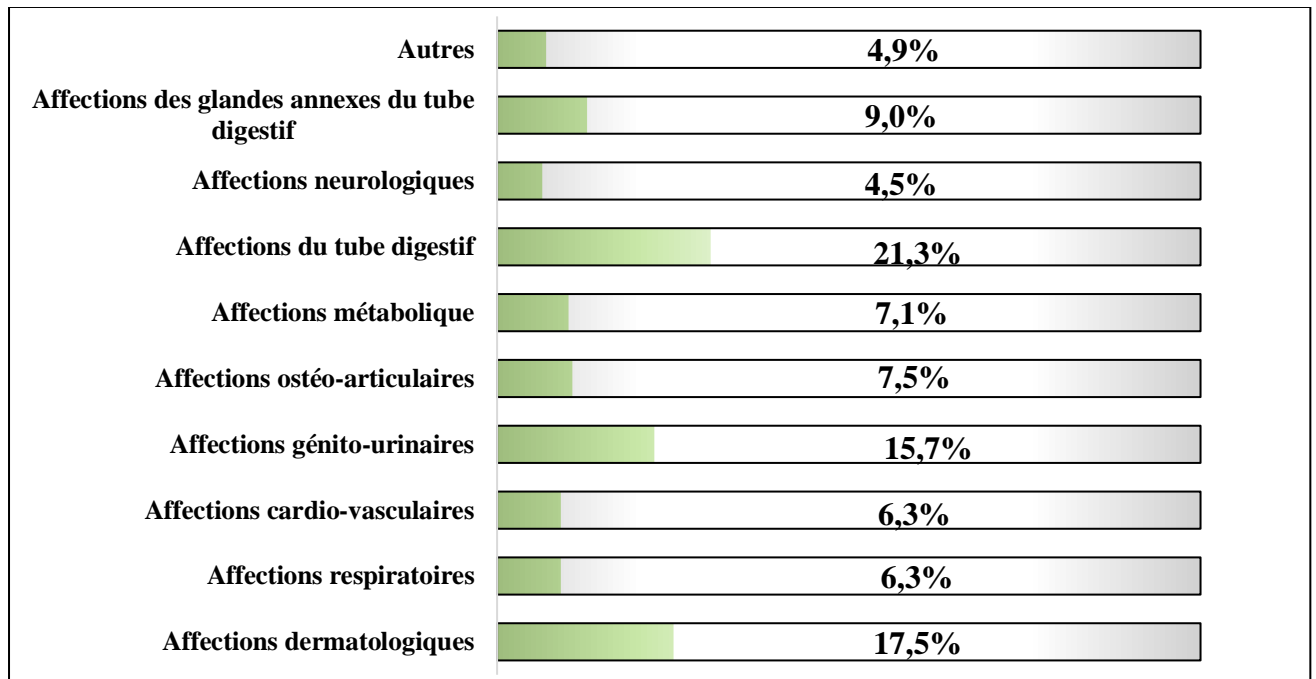


Figure 24 : Utilisation du chêne dans les différents traitements pathologiques

I.2.1.1.9. Résultats du traitement

D’après la figure 25, environ la moitié de la population locale ont affirmés que l’utilisation de chêne pour traiter différentes pathologies contribue respectivement à l’amélioration et la guérison totale (50% et 48.7%).

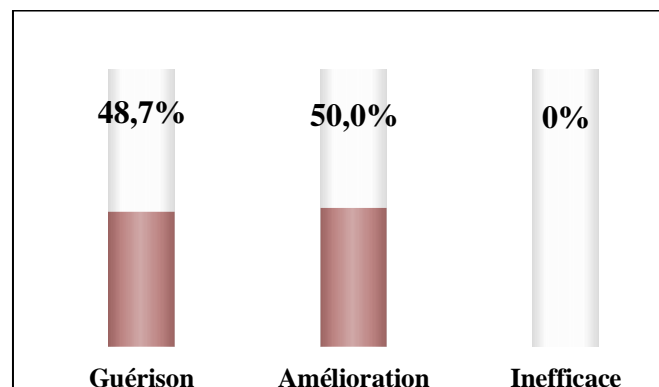


Figure 25 : Les résultats de traitement par le chêne

I.2.1.1.10. Effets secondaire et toxicité

La figure 26 montre que le chêne peut provoquer quelques troubles de la santé. Ces troubles sont en général les constipations (39 %) ces effets se manifestent surtout suite à la prise d’une forte dose, alors que 49 % de la population indique que l’utilisation de chêne n’a pas d’effets secondaires.

Concernant la toxicité de la plante (Figure 27), 52 % de la population déclare que le chêne ne provoque pas de toxicité lors de son utilisation tandis que 34% affirme sa toxicité.

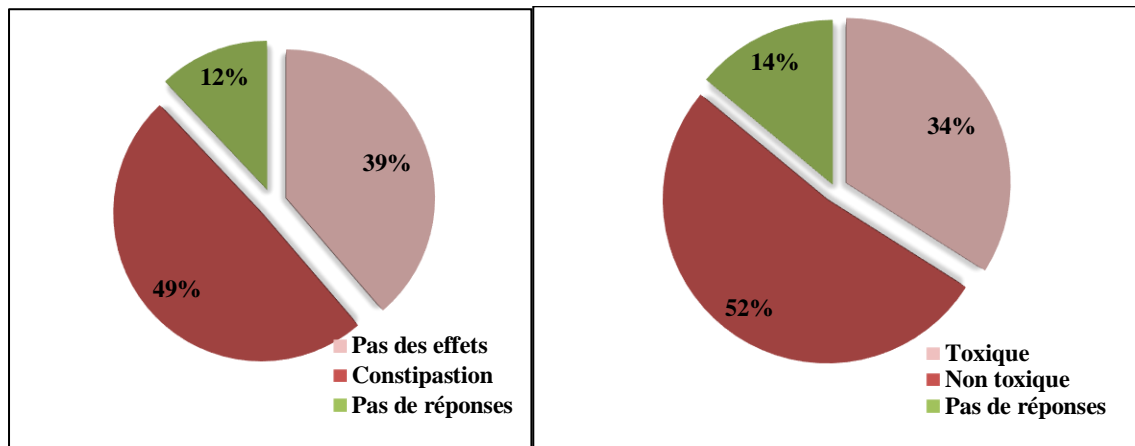


Figure 26: Effets indésirables provoqués par le chêne **Figure 27:** Toxicité provoquée par le chêne

I.2.1.1.11. Origine de l’information

La figure 28 montre la répartition de l’échantillon étudié selon leur source d’information. La majorité des informateurs (33,6 %) acquièrent l’information à travers l’expérience des ancêtres. Tandis que 25,5% de la population étudiée ont reçu leurs informations à travers la lecture, et les 16,8% se basent sur leurs expériences personnelles.

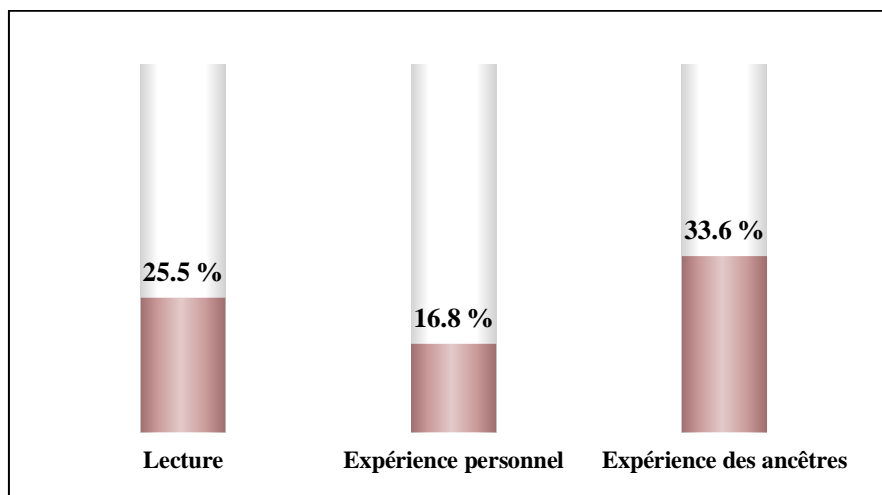


Figure 28 : Origine de l’information de la population étudiée sur le chêne

I.2.1.2. Utilisation alimentaire du chêne

I.2.1.2.1. Consommation du chêne

D'après les informations collectées, 81% des personnes enquêtées consomment le chêne contre 19% qui ne le consomment (Figure 29).

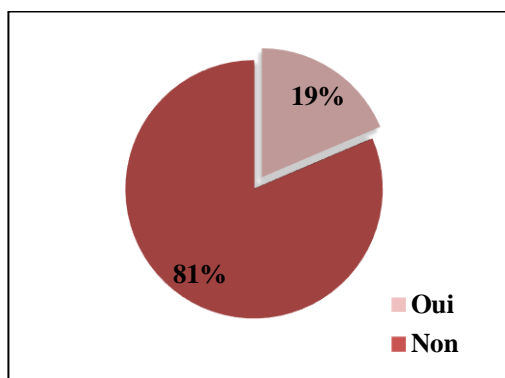


Figure 29: Consommation du chêne

I.2.1.2.2. Fréquence de consommation du chêne

Selon les résultats illustrés dans la Figure 30 nous constatons que la majorité des personnes enquêtées (78%) consomment rarement le chêne.

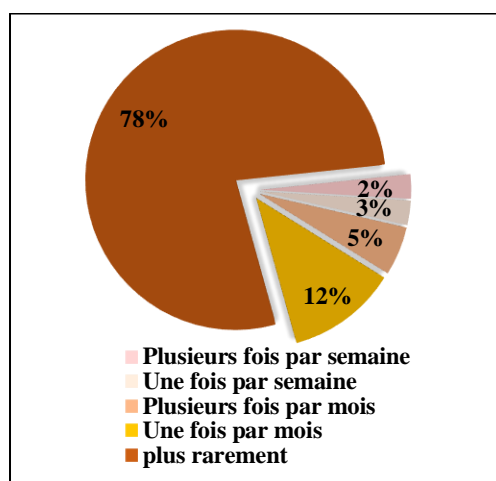


Figure 30 : Fréquence de consommation du chêne

I.2.1.2.3. Source du chêne consommé

Les résultats de l'enquête ont révélé que 52% du total des personnes enquêtées achètent le chêne (Figure 31).

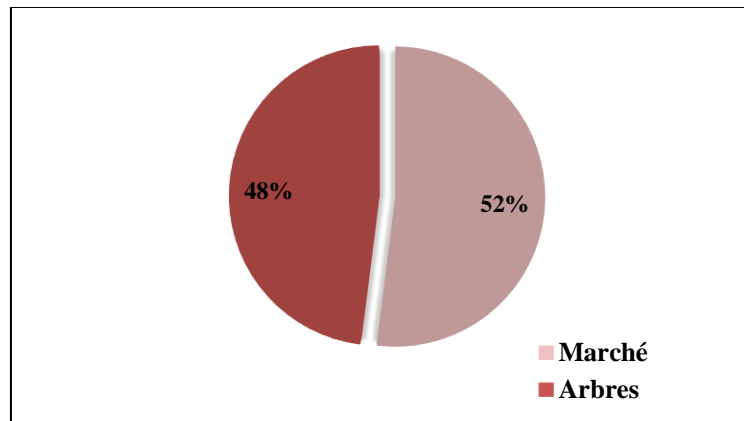


Figure 31 : Source du chêne consommé

I.2.1.2.4. Période de récolte du chêne

La figure 32 montre que 87% des informateurs récolte le chêne à l'automne.

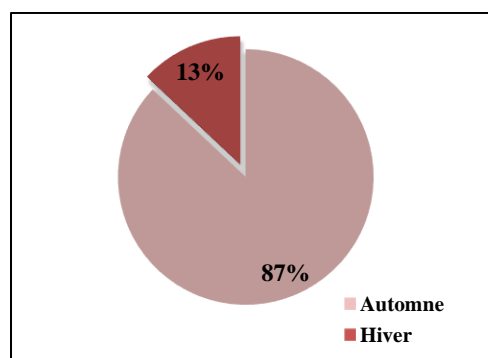


Figure 32 : Période de récolte du chêne

I.2.1.2.5. Utilisations alimentaire du chêne

L'enquête réalisée dans la région de Mila nous a permis d'identifier différentes utilisations alimentaires du chêne. Le chêne est utilisé principalement dans la fabrication du couscous (33,1 %). D'autres modes d'utilisations du chêne à des degrés moindre comme la farine, le café, le pain et bessisa (18,8%, 13,1%, 12,5% et 10% respectivement). Le zerir, semoule et la salade de fruits représentent le plus faible pourcentage (1,3%) (Figure 33).

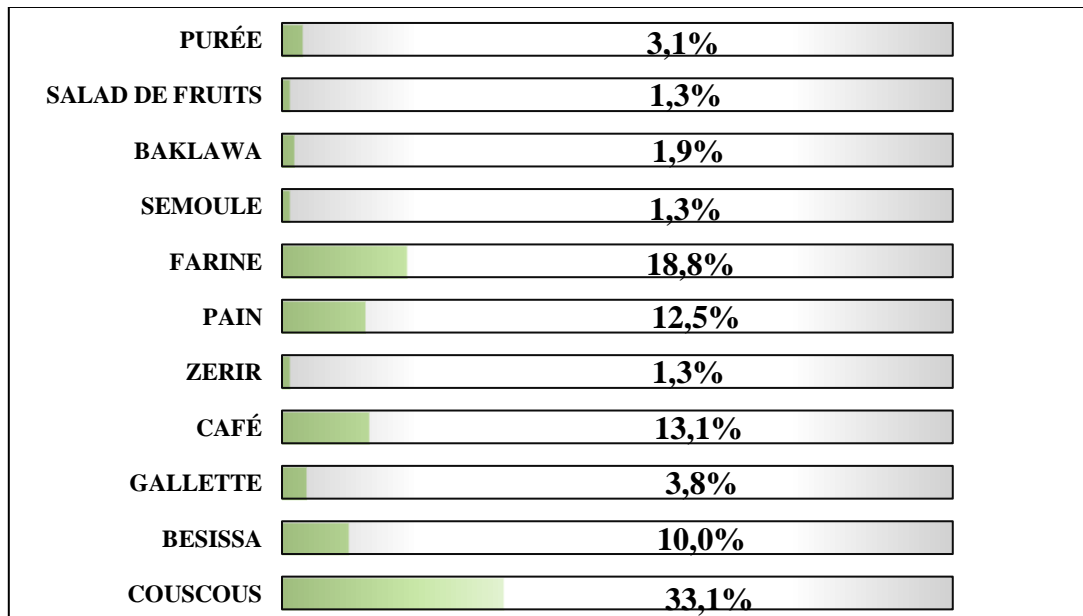


Figure 33 : Différentes utilisations alimentaires du chêne

I.2.1.2.6. Taux de réussite de ces recettes

Selon les résultats obtenus par l'étude, nous avons constaté qu'un grand pourcentage de personnes, estimé à 57%, dit que le taux de réussite des recettes est entre 70% et 100% contrairement à 7% de personnes qui déclarent que le taux de réussite n'est qu'entre 10% et 40% (Figure 34).

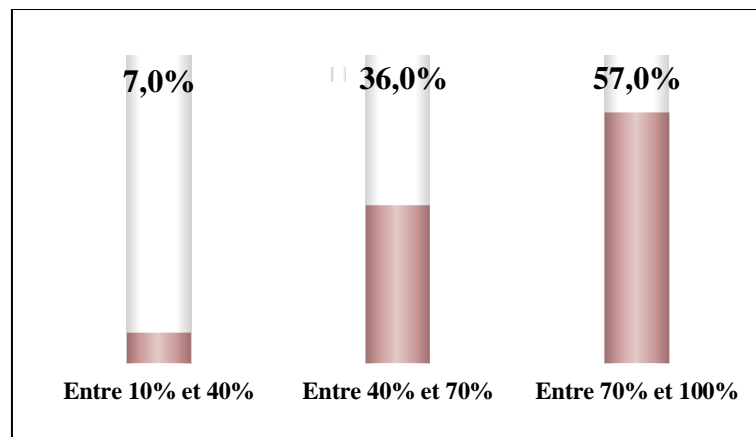


Figure 34 : Taux de réussite des recettes de chêne

I.2.1.2.7. Extraction de l'amidon du chêne

Selon les résultats obtenus 7 % de la population étudiée extraire l'amidon du chêne.

I.2.1.2.8. Elimination des tanins de chêne

Environ 67% de la population enquêtée utilisent la technique de trempage dans l'eau pour débarrasser les glands de leurs tanins alors que 33% pratique la technique d'ébullition.

I.2.1.2.9. Temps de trempage de chêne avant l'utilisation

Les résultats obtenus montrent que 82% des informateurs disent que le trempage de chêne dans l'eau avant l'utilisation prend d'un jour à quatre jours (Figure 35).

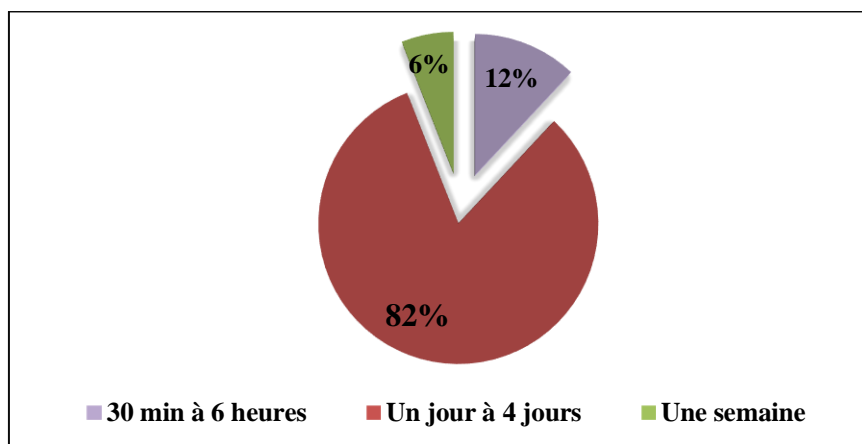


Figure 35 : Temps de trempage de chêne avant l'utilisation

I.2.1.2.10. Temps de séchage de gland avant transformation

Selon la figure 36, 89% des personnes interrogées prend seulement de 10 min à une heure pour sécher le gland, tandis que 6% prend de un à trois jours.

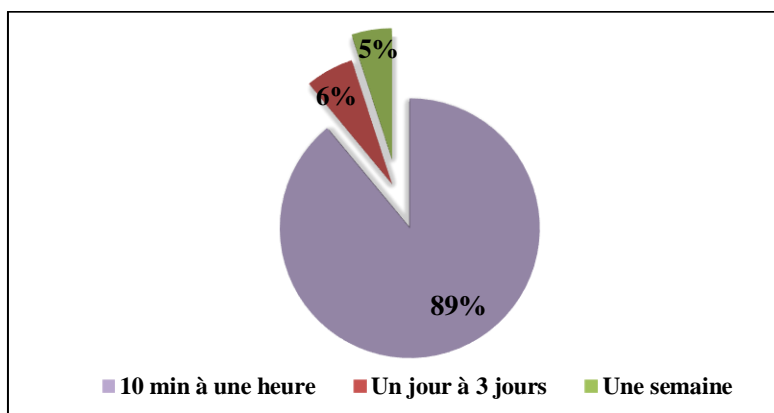


Figure 36 : Temps utilisé pour le séchage du gland

I.2.1.2.11. Utilisation du gland

Selon les personnes interrogées, les plus importants bienfaits du gland de chêne est l'alimentation de bétails avec un pourcentage de 60% suivi par l'utilisation comme engrais pour 30% de la population. Environ 10 % seulement de la population utilise le gland pour des utilisations personnelles ou industrielles.

II. Valorisation de l'amidon de chêne dans l'élaboration d'un biofilm

II.1. Calcul du rendement de l'extraction

Le rendement d'extraction d'amidon à partir de chêne est égal à 35%. Le rendement de l'extraction de l'amidon est affecté par plusieurs facteurs qui sont : génétique liée à la synthèse de l'amidon chez les plantes, la source végétale (espèces, cultivars, etc.) et les conditions climatiques (Sindic, 2010 ; Meuser *et al*, 1997).

La quantité d'amidon de chêne obtenue constitue une proportion importante et justifie l'intérêt qui est porté à ce matériel végétal en tant que potentiel à valoriser industriellement.

II.2. Etude des caractéristiques des films élaborés

II.2.1. Epaisseur des films

L'épaisseur des films à base d'amidon commercial et à base d'amidon de chêne a été déterminée à l'aide d'un pied à coulisse. Les résultats obtenus ont montrés qu'il n'y a pas une différence significative entre l'épaisseur des films à base d'amidon de chêne (0.29 ± 0.002 mm) et celui à base d'amidon commercial (0.31 ± 0.004 mm) ($p > 0.05$) (Tableau 2).

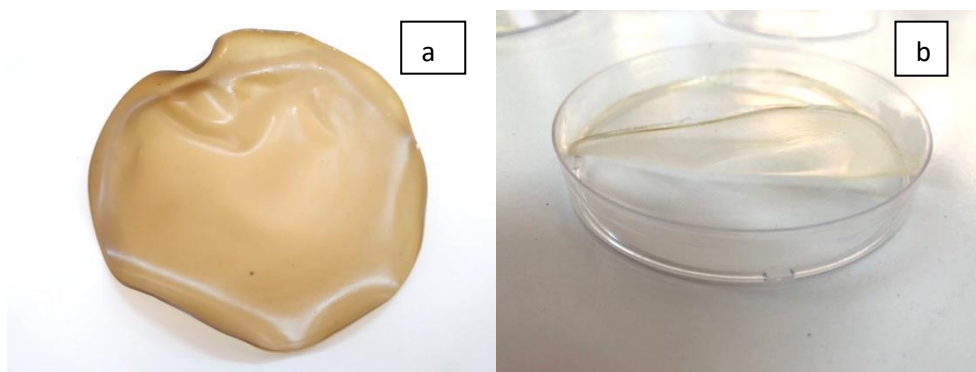


Figure 37 : Film à base d'amidon de chêne (a), Film à base d'amidon commercial (b).

Selon **Espino-Diaz *et al.* (2010)** et **Gheribi *et al.* (2018)**, l'épaisseur du biofilm varie selon le type d'ingrédients utilisé, le type du mucilage/gomme et leur composition, la quantité de plastifiant et la méthode de fabrication.

L'épaisseur des biofilms est un paramètre important, car les films ayant des valeurs d'épaisseur non homogènes peuvent subir des changements dans leurs propriétés structurales, mécaniques, thermiques ou de barrière (**García *et al.*, 2020**).

Tableau 2 : Epaisseur et opacité des films

Propriétés	Epaisseur (mm)		Opacité (nm/mm)	
	film à base d'amidon commercial	film à base d'amidon de chêne	film à base d'amidon commercial	film à base d'amidon de chêne
R1	0.21	0.32	0.65	3.48
R2	0.38	0.37	0.29	3.2
R3	0.35	0.19	0.55	5.9
Moyenne	0.31 ± 0.004	0.29 ± 0.002	0.49 ± 0.003	4.19 ± 0.004
Test T	0,74125224		0,00799679	

II.2.2.Opacité des films

Selon les résultats obtenues, les films obtenus avec l'amidon de chêne sont plus opaques (4.19 ± 0.004 nm/mm) que les films à base d'amidon commercial (0.49 ± 0.003 nm/mm) (Tableau 2).

Peu d'études ont été menées sur les propriétés optiques des films et des enrobages comestibles, telles que la couleur, la brillance et la transparence, bien que de nombreuses recherches aient été effectuées pour améliorer les propriétés mécaniques et barrières. Les propriétés optiques sont des caractéristiques de surface qui sont importantes pour la qualité organoleptique des aliments car elles sont généralement détectées par la vision humaine (**Brindle et Krochta, 2008**).

Il est rapporté que la transparence d'un film polymère dépend des ingrédients utilisés et l'interaction entre eux, qui est basée sur le développement de liaisons hydrogène (**Gorgieva et Kokol, 2011**).

La transparence élevée des films s'explique par la structure lacunaire du réseau copolymère, suggérant alors une faible tortuosité à la transmission de la lumière (**Lira-Vargas et al., 2014**).

Le choix des films d'emballage pour les aliments dépend de leur opacité, qui est une propriété importante. Les films opaques sont préférables pour la plupart des applications alimentaires car ils offrent une résistance élevée à la lumière, ce qui aide à améliorer et prolonger la durée de conservation des produits sensibles à la lumière. Cela signifie que les aliments sont mieux protégés et restent frais plus longtemps (**Stecher et al., 2020**).

II.2.3. Taux d'humidité des films

Les teneurs en humidité des films élaborés sont présentées dans la figure 38. Selon les résultats, Il y a une différence significative entre le taux d'humidité de film à base d'amidon de chêne (18.27 ± 0.004 %) et celui à base d'amidon commercial (11.78 ± 0.002 %). Le film à base d'amidon de chêne contient plus d'eau.

Il convient de noter que l'eau agit également comme plastifiant, de sorte que la teneur en humidité de la membrane est un facteur important pour évaluer les propriétés mécaniques. D'une autre façon, la valeur élevée de la perméabilité à la vapeur d'eau fait que la teneur en humidité de la membrane est haut (**Chiou et al., 2009**).

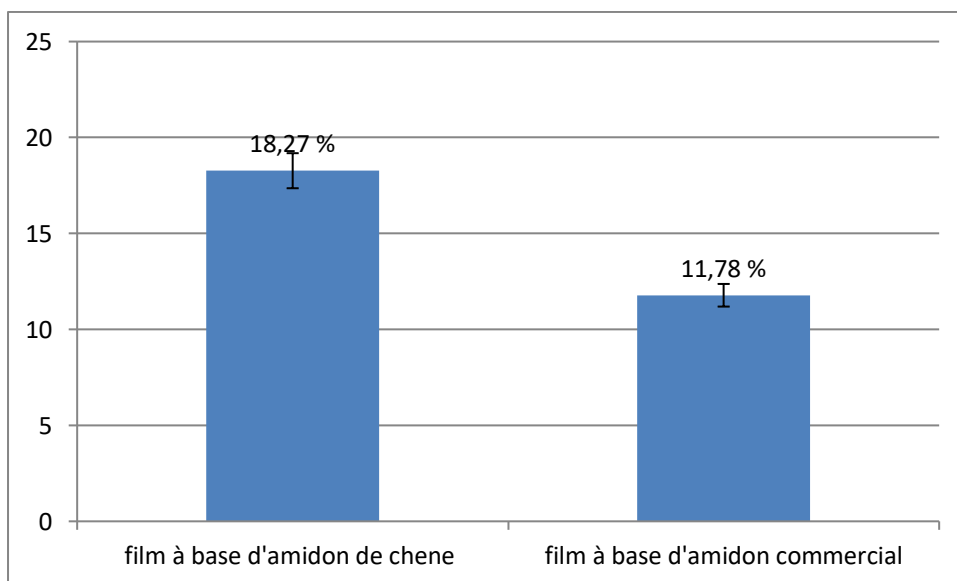


Figure 38 : Taux d'humidité des films élaborés

II.2.4. Solubilité des films dans l'eau

Selon les résultats, Il y a une grande différence entre le taux de solubilité du film à base d'amidon commercial (78.71 %) et celui à base d'amidon de chêne (35.40 %) (Figure 39).

En général, une solubilité élevée indique une faible résistance à l'eau (**Bourtoom et Chinnan, 2008**). Cela indique que le film élaboré à base d'amidon de chêne résiste mieux à l'eau.

La solubilité dans l'eau des films comestibles est l'un des facteurs les plus importants affectant leur application finale. En fait, certaines applications nécessitent une solubilité élevée dans l'eau pour se dissoudre facilement avant consommation, tandis que d'autres nécessitent une faible solubilité dans l'eau pour assurer la résistance à l'eau pendant le traitement et le stockage. (**Ghasemlou et al., 2011 ; Perez-Gago et Krochta, 1999**).

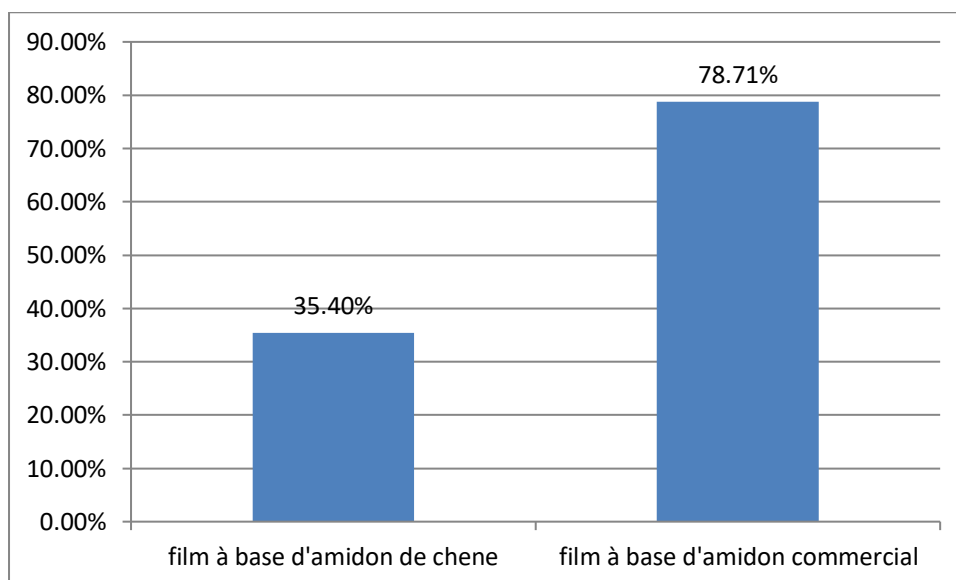


Figure 39 : Taux de solubilité des films élaborés

II.2.5. Perméabilité des films à la vapeur d'eau

Les valeurs de la perméabilité à la vapeur d'eau des films à base d'amidon commercial et d'amidon de chêne sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Perméabilité à la vapeur d'eau des deux films élaborés.

Type de film	film à base d'amidon commercial	film à base d'amidon de chêne
Perméabilité	12.96 mg.mm/cm ² .jour	0,2959 mg.mm/cm ² .jour

Les valeurs de la perméabilité à la vapeur d'eau de nos films sont statistiquement différentes ($p < 0.05$). Celle de biofilm à base d'amidon de chêne est largement inférieure à celle de biofilm à base d'amidon commercial.

Bangar et al (2021) ont trouvé une perméabilité de 0,992 mg mm/cm² /24 h pour un film développé de graines de lin et de pectine.

La perméabilité à la vapeur d'eau de nos films élaborés était inférieure à celle des films synthétiques, tels que les films en polyester (3791 mg mm jour⁻¹ cm⁻²) et les films en polyéthylène haute densité (PEHD) (500 mg mm jour⁻¹ cm⁻²) (**McHugh et al, 1993**).

La perméabilité à la vapeur d'eau est une mesure de la facilité avec laquelle la vapeur d'eau peut pénétrer dans un matériau. La mesure de la perméabilité à la vapeur d'eau nous permet d'évaluer la capacité d'un matériau à transférer l'eau entre un produit et son environnement.

Les propriétés de barrière à la vapeur d'eau des films comestibles sont très importantes car elles affectent l'efficacité de ces matériaux d'emballage à préserver la qualité des aliments. La perméabilité est la quantité d'humidité qui traverse une unité de surface de matériau par unité de temps est due à la capacité du film à empêcher échange d'humidité entre l'environnement et une matrice alimentaire. (**Basiak et al., 2017 ; Nogueira et Fakhouri, 2018**).

Cette propriété donne une idée sur la capacité des biofilms à contrer la perte d'eau du produit conservé. Les films doivent avoir une faible perméabilité pour réduire la perte de l'humidité du produit (**Fan et al., 2009**).

Acosta et al., (2016) ont suggéré que la perméabilité à la vapeur d'eau dépend de différents facteurs structuraux, tels que le type de matrice, la composition du film, la quantité d'additifs ajoutée et les interactions avec la matrice.

La fonction principale d'un emballage alimentaire est souvent d'éviter ou au moins de diminuer le transfert d'humidité entre l'aliment et l'atmosphère environnante, ou entre deux composants d'un produit alimentaire hétérogène, la perméabilité à la vapeur d'eau est un paramètre physique important. La haute perméabilité à la vapeur d'eau des films limite considérablement leur utilisation comme matériau potentiel pour l'emballage alimentaire (Gontard *et al.*, 2017).

II.3. Application de l'emballage

Après 6 jours de conservation à l'air libre à une température de $37 \pm 4^\circ\text{C}$, les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : durée de conservation des cinq groupes de tomates cerise

Groupes	Durée de conservation
1. Tomates cerise témoins (air libre)	03 jours
2. Tomates cerise emballées avec des biofilms à base d'amidon commercial.	04 jours
3. Tomates cerise emballées avec des biofilms à base d'amidon de chêne.	06 jours
4. Tomates cerise emballées avec des biofilms à base d'amidon du chêne plus l'extrait d'Inule visqueuse.	06 jours
5. Tomates cerise emballées avec des biofilms à base d'amidon du chêne plus l'extrait de Menthe à feuilles rondes.	06 jours

La Figure 40 montre les résultats de l'évaluation sensorielle des tomates cerise conservées ou non dans des différents biofilms élaborés après 6 jours de stockage à température ambiante.

De la Figure 40, des différences dans l'apparence, la texture, la brillance, la couleur et l'acceptabilité globale ont été révélés.

Les tomates cerise témoins avaient une très mauvaise appréciation sensorielle. Par contre celles emballées avec le biofilm à base d'amidon commercial ont gardées une texture excellente et ferme jusqu'à 4^{ème} jour de conservation.

Finalement, Les tomates cerises emballées avec des biofilms à base d'amidon de chêne avec ou sans addition des extraits de plantes maintiennent globalement une bonne qualité sensorielle sur toutes les caractéristiques évaluées y compris la couleur, la fermeté et l'aspect visuel jusqu'à 6^{ème} jour de conservation.

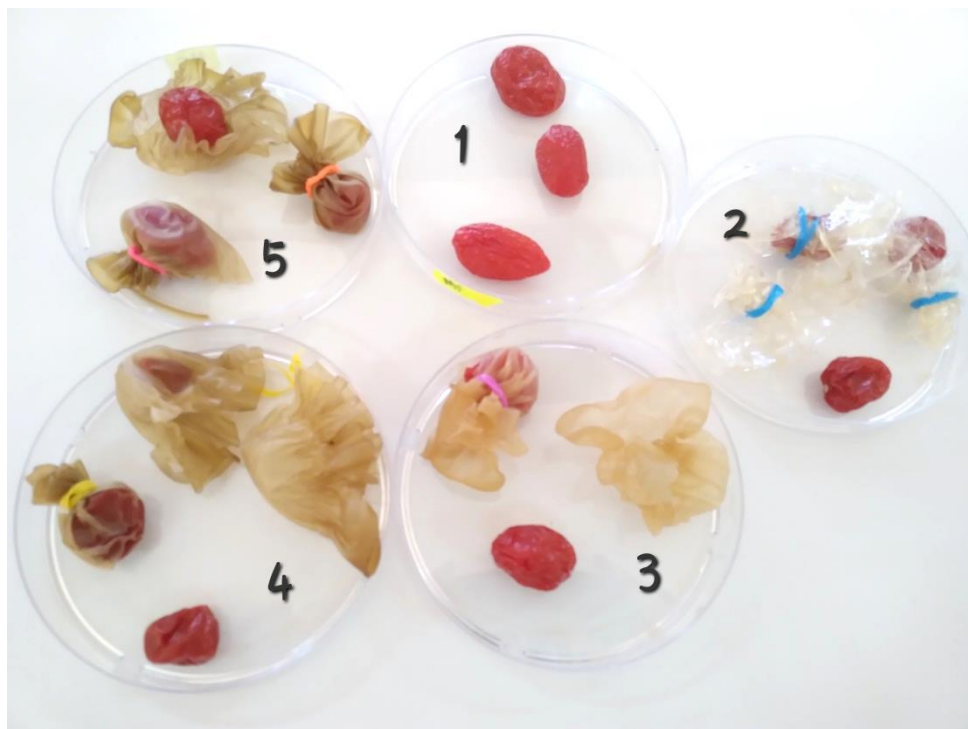


Figure 40 : Les 5 groupes de tomates cerise après les 6 jours de conservation

Ces résultats sont conformes aux résultats précédents de caractérisation des biofilms. Selon **Stecher et al (2020)**, les films opaques sont préférables pour la plupart des applications alimentaires car ils offrent une résistance élevée à la lumière, et ceci est équivalent au test d'efficacité des films préparés sur les tomates cerise, où nous avons remarqué que les tomates cerise emballées avec des films à base d'amidon du chêne sont mieux protégées et restent

frais plus longtemps que les tomates cerises emballées avec des films à base d'amidon commercial. La résistance à l'oxydation des matériaux d'emballage alimentaire a un impact significatif sur l'augmentation de la durée de conservation des aliments et la réduction du rythme d'oxydation (**Lin et al., 2022**).

Selon **Gómez-Estaca et al. (2009)**, le potentiel antioxydant des films biodégradables est proportionnel à la quantité d'additifs antioxydants. De nombreuses recherches sur les produits naturels ont montré que ce sont surtout les composés phénoliques sont responsables de leurs activités antioxydants (**Gomez-Guillén et al., 2009**).

Des extraits naturels de plantes bioactives pourraient potentiellement être utilisés comme ingrédient prometteur pour améliorer certaines propriétés physicochimiques et ou la bioactivité des films pour différentes applications.

Étant donné que la FDA États-Unis et la réglementation européenne classent les additifs naturels tels que les HEs, les extraits de plantes et leurs constituants, plus sains et beaucoup moins toxique que ceux les substances synthétiques (**Salafranca et al, 2009**).

Les fabricants d'emballages et les consommateurs exigeants, considèrent leur incorporation dans les films d'emballage alimentaire un moyen attrayant d'éviter la détérioration microbienne des aliments (**Nerin et al, 2008**).

Conclusion générale

Au terme de cette étude qui traite l'élaboration et le développement d'un biofilm à fonction d'emballage alimentaire, à base de l'amidon de chêne largement répandu mais non valorisée en Algérie, on peut dire fermement qu'il est temps de se convertir vers la richesse biologique locale en tant qu'un créneau d'investissement très prometteur et assez rentable.

Le rendement d'extraction de l'amidon de chêne a été remarquablement important et offre donc une bonne opportunité d'investissement dans le volet d'obtention et de transformation industrielle de ce composant végétale.

Les propriétés physicochimiques et mécaniques des biofilms de l'amidon de chêne à l'exemple de solubilité, opacité ou étanchéité à la vapeur d'eau, s'avèrent ajustable au choix de l'utilisation finale et du produit à conserver. En guise que le biofilm à base d'amidon de chêne présentait la meilleure option pour garder des qualités sensorielles acceptables des tomates cerise durant une période de stockage de 6 jours.

L'amélioration des propriétés des biofilms à base d'amidon de chêne par son confection en composite avec d'extraits de plantes pour qu'ils appartiennent à la classe des actifs, sont les axes les plus attrayants à achever en perspective.

Références bibliographiques

1. **Acherar M., Rambal S. and Lepart J.** 1991. Evolution du potentiel hydrique foliaire et de la conductance stomatique de quatre chênes méditerranéens lors d'une période de dessèchement. *Annales des Sciences forestières*.
2. **Acosta, S., Chiralt, A., Santamarina, P., Rosello, J., González-Martínez, C., & Cháfer, M.** (2016). Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. *Food Hydrocolloids*, 61, 233-240.
3. **Afraitane K.**, 1990. Contribution à l'étude biochimique du fruit du chêne liège (*Quercus suber* L.) de la surbie de la MAMORA. Thèse de Doctorat 3eme cycle ENS Rabat Maroc. 125 p. 75-80.
4. **Alatou D.**, 1994. Croissance rythmique du chêne liège et du chêne zeen. Première journée sur les végétaux ligneux. Constantine 14 et 15 Novembre 1994.
5. **A.N.D.I** (Agence Nationale de Développement de l'Investissement). 2013. La spectaculaire chute de Tamdaprès Ahmed Rachedi. Rapport technique. 4p
6. **A.Stanojlovic-davidovic**, physicochimie des polymères, Matériaux biodégradables à base d'amidon expansé renforcé de fibres naturelles-Application à l'emballage alimentaire, Thèse de Doctorat, Université du Sud Toulon-Var, 2006.
7. **Bachrouch, O., Jemâa, J. M. B., Wissem, A. W., Talou, T., Marzouk, B., & Abderraba, M.** (2010). Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: yralidae). *Journal of Stored Products Research*, 46(4), 242-247.
8. **Bangar, S.P.; Singh, A.; Trif, M.; Kumar, M.; Kumar, P.; Kaur, R.; Kaur, N.** Process Parameter Optimization and Characterization for an Edible Film: Flaxseed Concern. *Coatings* 2021, 11, 1106. <https://doi.org/10.3390/coatings11091106>.
9. **Banks W, Greenwood CT.** The Hydrodynamic Behavior of Native Amylase in Good Solvents. *Carbohydr. Res.* 1968; 7:414-420.
10. **Barbero M., Loisel R.** (1980) : Le chêne vert en région méditerranéenne. *R. F.F.* . XXXII - 6. Ir 531-543.
11. **Barbero M. et Quezel P.**, 1989. Structures, architectures forestières à sclerophylles et prévention des incendies. *Bull. Ecol.*
12. **Barbero M., Loisel R. and Quézel P.** 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* 99-100, 19-34.
13. **Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F.** (2017). Effect of starch type on the physicochemical properties of edible films.

14. **Baumgras, P.** (1944). Experimental feeding of captive fox squirrels. *The Journal of Wildlife Management*, 8(4), 296-300.
15. **Becker M., Picard J -F., Timbale J.** (1982). Larousse des arbres, arbustes et arbrisseaux de l'Europe méditerranéenne. Paris : Larousse, p137.
16. **Belarbi M.**, 1990. Contribution à l'étude des composés chimiques des glands des différentes espèces. Mémoire de Magistère en biologie. Université de Tlemcen. P187
17. **Belarouci L.N.**, 1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vol.1. Ed. O.P.U. Alger, 1350.
18. **Belibi, P. C., Daou, T. J., Ndjaka, J. M. B., Nsom, B., Michelin, L., & Durand, B.** (2014). A comparative study of some properties of cassava and tree cassava starch films. *Physics Procedia*, 55, 220–226.
19. **Bouderoua K.**, 1995. Caractéristiques biochimiques et aptitudes nutritionnelles des farines de glands de chêne vert et du chêne liège en alimentation du poulet de chair. Mémoire de magister en sciences agronomiques, Institut National Agronomique (INA) El-Harrach. Alger, 107p.
20. **Boudy P.**, 1955. Economie forestière Nord-africaine. Monographie et traitement des essences forestières de l'Algérie et de la Tunisie. Tome II, fascicule I. Edition Larousse. Paris V, 525p.
21. **Bourtoom, T et Chinnan M.S.** (2008). Preparation and properties of rice starch-chitosan blend.
22. **Bowmer, T. et Kershaw, P.** 2010. Proceedings of the GESAMP International Workshop on microplastic particles as a vector in transporting persistent, bioaccumulating and toxic substances in the ocean. Paris : UNESCO-IOC.
23. **Brindle, L.P. and Krochta, J.M.** (2008). Physical Properties of Whey Protein–Hydroxypropylmethylcellulose Blend Edible Films. *Journal of food science*, 73(9), 446-454.
24. **Bruneton J.**, 2002. Les données de l'évaluation. Ed : Tec & Doc, Paris, pp 81-96.
25. **Bussotti Filippo et Grossoni Paolo.**, 1998 : Des problèmes dans la classification des chênes « Taxonomie en Europe et région méditerranéenne ». *Article Forêt méditerranéenne t. XIX*, n°3, p 267-278.

26. **Chiou, B.S., Avena-Bustillos, R.J., Bechtel, P.J., Imam, S.H., Glenn, G.M., Orts, W.J.** (2009). Effects of drying temperature on barrier and mechanical properties of cold-water fish gelatin films. *Journal*.
27. **C.N.R.S.** (Centre National de la Recherche Scientifique), 1975. La flore du bassin méditerranéen, 74-75.
28. **Dahmani M.**, 1984. Contribution à l'étude des groupements à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lamk) des monts de Tlemcen (ouest Algérien) approche phytoécologies et phytosociologiques. Thèse. Doct. 3^{ème} cycle. Inst. Bio. USTHB. 238p.
29. **Dahmani M.**, 1997. Le chêne vert en Algérie- Syntaxonomie, Phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse. Doct. Etat. Inst. Bio. USTHB. Alger. 384p.
30. **De Hody.** 2016. Le chêne, un concentré de bienfaits en alimentation et santé. Comment utiliser le chêne, en cuisine et pour la santé? <https://www.lechemindelanature.com/.../article-chene-concentre-de-bienfaitsalimentat...>
31. **De Lillis M.** and **Fontanella A.** 1992. Comparative phenology and growth in different.
32. **Djetouiet, Z.** PREPARATION D'UN POLYMERE THERMOPLASTIQUE BIODEGRADABLE A BASE D'AMIDON DE MAÏS. (2012). Laboratoire des Matériaux Polymériques Multiphasiques (LMPMP), Faculté de Technologie, Département de Génie des procédés. Université Ferhat Abbas, Sétif.
33. **D. Louni.** Les forêts algériennes.. Forêt Méditerranéenne, 1994, XV (1), pp.59-63. ffhal-03557266
34. **Eddouks, M., Ouahidi, M. L., Farid, O., Moufid, A., Khalidi, A., & Lemhadri, A.** (2007). L'utilisation des plantes médicinales dans le traitement du diabète au Maroc. *Phytothérapie*, 5(4), 194-203.
35. **El mahi F.Z.** 2016. Contribution à l'étude des métabolites nutritionnels et fonctionnels des glands de différentes espèces de chênes de la région de Tessala (Algérie). Mise au point de techniques de détoxification hydrothermique. THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES Soutenue en 2016.
36. **Espino-Diaz, M., Ornelas-Paz, J. J., Martinez-Tellez, M. A., Santillan, C., BarbosaCanovas, G. V., Zamudio-Flores, P. B., et al.** (2010). Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of Food Science*, 75(6), E347–E352.

37. **Ferka- Zazou N.**, 2006. Impact de l'occupation spatio-temporelle des espaces sur la conservation de l'écosystème forestier. Cas de la commune de Tessala, wilaya de Sidi Bel Abbes, Algérie. Thèse. Magister. Foresterie. Université. Tlemcen. 114p.
38. **Fan, X., Niemira, B. A., Doona, C. J., Feeherry, F. E., & Gravani, R. B. (Eds.)**. (2009).
39. **François L., Phylippe L**, 1999. L'œuf et les ovo produits. Technique de l'ingénieur.
40. **Foudihl M.**, 1990. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle du gland. Possibilité de son incorporation dans l'alimentation animale. Mémoire d'ingénieur agronome I.N.E.S de biologie Tizi-Ouzou. P 98.
41. **García, AV, Álvarez-Pérez, OB, Rojas, R., Aguilar, CN & Garrigós, MC** (2020). Impact de l'ajout d'extrait d'olive sur les propriétés des films comestibles actifs à base d'amidon de maïs pour les applications d'emballage alimentaire. *Aliments*, 9 (9), 1339.
42. **Gennadios A.** 2002. « Protein-based films and coatings » CRC Press, 2002
43. **Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., & Oromiehie, A.** (2011). Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefiran.
44. **Ghazi. et Lahouati R.**, 1997.- Algérie 2010. Sols et Ressources biologiques. Doc. I.N.E.S.G., Alger, 38 p.
45. **Gheribi, R., Puchot, L., Verge, P., Jaoued-Grayaa, N., Mezni, M., Habibi, Y., & Khwaldia, K.** (2018). Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. *Carbohydrate polymers*, 190, 204-211.
46. **Gómez-Estaca, J., Giménez, B., Montero, P., & Gómez-Guillén, MC** (2009). Incorporation d'extrait de bourrache antioxydant dans des films alimentaires à base de gélatine de peau de sole ou d'une gélatine de poisson commerciale. *Journal of Food Engineering*, 92 (1), 78- 85.
47. **Gómez-Guillén, MC, Pérez-Mateos, M., Gómez-Estaca, J., López-Caballero, E., Giménez, B., & Montero, P.** (2009). La gélatine de poisson : un matériau renouvelable pour l'élaboration de films actifs biodégradables. *Tendances en science et technologie alimentaires*, 20 (1), 3-16.
48. **Gontard N., Duchez C., Cuq J.-L., Guilbert S.** (1994). Edible composite films of wheat gluten and lipids : water vapour permeability and other physical properties. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 29, 39-50.

49. **Gontard N., Guillard V., Gaucel S., Guillaume C.** (2017). L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions. Innovations Agronomiques, INRA, 2017, 58, pp.1-9.
50. **Gordon, D.M.** 2006. Eliminating Land-based Discharges of Marine Debris in: "California: A Plan of Action from The Plastic Debris Project". Californie : California State Water Resources Control Board.
51. **Gorgieva, S., & Kokol, V.** (2011). Collagène-vs.biomatériaux à base de gélatine et leur biocompatibilité : bilan et perspectives. Applications des biomatériaux pour la nanomédecine , 2 , 17-52.
52. **Haichour R.** (2009). Stress thermique et limite écologique du Chêne vert en Algérie. Magistère en Ecologie, université Mentouri, Constantine, 180p.
53. **htm?fileID=908615&no=216644**
54. **<https://www.schiltz.be/PDF/F1920-généralités-sur-les-matières-plastiques>**
55. **<http://online.journals.tubitak.gov.tr/openAcceptedDocument>**.
56. **<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12220>**
57. **J. W. Donovan** Phase transitions of the starch-water Systems, Biopolymers, (1979).
58. **J. Wertz**, Amidon et le PLA : deux biopolymères sur le marché, 2011.
59. **J. W. Rhim J.W., Ng P. K. W.** 2007. « Natural biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications » Food Science and Nutrition, 47 : 4, 411- 433, 2007.
60. **Kheddam R**, 2005. Acceptabilité et digestibilité des glands de chêne vert et chêne liège.Thèse de Magistère en science agronomique I.N.A Alger.
61. **Kremer Antoine ; Rémy-J. Petit et Alexis Ducouso.**, 2002. Biologie évolutive et diversité génétique des Chênes sessile et pédonculé. Rev. For. Fr. LIV -2-200, 111-130.
62. **Kummerov J., Montenegro G. and Krause D.** 1981.Biomass, Phenology, and Growth.Ressource Use of Chaparral and Matorral, Ecological Studies 39, Springer-Verlag, New York Heidelberg Berlin.
63. **Lin, L., Peng, S., Shi, C., Li, C., Hua, Z., & Cui, H.** (2022). Preparation and characterization of cassava starch/sodium carboxymethyl cellulose edible film incorporating apple polyphenols. International Journal of Biological Macromolecules.
64. **Lira-Vargas, AA, Corrales-Garcia, JJE, Valle-Guadarrama, S., Peña-Valdivia, CB et Trejo-Marquez, MA** (2014). Films biopolymères à base de mucilage de cactus (*Opuntia ficus-indica*) incorporés à de la gélatine et de la cire d'abeille. Journal de l'Association professionnelle pour le développement des cactus, 16, 51-70.

65. **Liu, H., Xie, F., Yu, L., Chen, L. et Li, L.** (2009). Thermal processing of starch-based polymers. *Progress in Polymer Science*, 1348–1368.
66. **Loukkas A.**, 2006. Atlas des parcs nationaux algériens, Direction Générale des Forêts. Parc national de Théniet El Had. 91p.
67. **Louni D.**, 1994 - Les forêts algériennes. Forêt méditerranéenne, VX (1) : 59-63.
68. **Ma, X., Chang, P.R., Zheng, P., Yu, J. and Ma, X.** (2010). Characterization of new starches separated from several traditional Chinese medicines. *Carbohydrate Polymers*, 82(1), 148–152.
69. **Manos P.S. et Stanford A.M.**, 2001 : The historical biogeography of Fagaceae : tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere. *Int. J. Plant Sci.*, vol. 162, n° 6 suppl., 2001, pp. S77-S93.
70. **McHugh, TH;** Avena-Bustillas, R.; Krochta, JM Films comestibles hydrophiles : procédure modifiée pour la perméabilité à la vapeur d'eau et explication des effets d'épaisseur. *J. Food Sci.* 1993 , 58 , 899–903. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
71. **Meuser, F., Pahne, N., & Möller, M.** Yield of starch and by-products in the processing of different varieties of wrinkled peas on a pilot scale. *Cereal chemistry*, 74, (1997).
72. **Mezali H**, 1985. Quotidien national horizon in plaidoyer pour Tazrout. Deuxième partie. 10 Aout 1985. P9
73. **MOORE, CHARLES.** 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat. s.l.: environmental research, Vol. 108.
74. **Mutungi, C., Onyango, C., Doert, T., Paasch, S., Thiele, S., Machill, S., Jaros, D. and Rohm, H.** (2011). Long- and short-range structural changes of recrystallised cassava starch subjected to in vitro digestion. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 477–485.
75. **Nerin, C., Tovar, L., & Salafranca, J.** (2008). Behaviour of a new antioxidant active film versus oxidizable model compounds. *Journal of food Engineering*, 84(2), 313-320.
76. **Nixon K.C.**, 1993- Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann. For. Sci.*, 50: 25.
77. **Nogueira, G. F., Fakhouri, F. M., & de Oliveira, R. A.** (2018). Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films.

78. **OGAYA R., PENUELAS J.**, 2007 - Seasonal ultrasonic acoustic emissions of *Quercus ilex* L. trees in a Mediterranean forest. *Acta. Physiol. Plant.*, 29: 407-410.
79. **Perez-Gago, M. B. et Krochta, J. M.** (1999). Water vapor permeability, solubility and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. *Journal of Food Science*.
80. **QUEZEL P.**, 1976 - Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. *CIHEAM - Options Méditerranéennes*, 35: 25-29.
81. **Rabetafika H. N, Paquot M, Dubois P.** 2006. « Les polymères issus du végétal : matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique » *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 10 (3), 185 – 196, 2006.
82. **RAKIĆ, S., POVRENOVIĆ, D., TEŠEVIĆ, V., SIMIĆ, M., MALETIĆ, R.** 2006: Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering* 74, P416–423.
83. **RAMEAU J.C., MANSION D., DUME G., TIMBAL J., LECOINTE A., DUPONT P., KELLER R.**, 1989 - Flore forestière française : Guide écologique illustré. Tome (1). Plaines et collines. Ed. Institut pour le développement forestier, Paris, 1792 p.
84. **RAMEAU J. C., MANSION D., DUME G., GAUBERVILLE C., BARDAT ., BRUNO E., KELLER R.**, 2008 - Flore forestière française : Guide écologique illustré. Tome (3). Région méditerranéenne. Ed. Institut pour le développement forestier, Paris, 2432 p.
85. **Ravve A.** 1995. « Principles of polymer chemistry » Springer Science + Business Media, LLC, 1995.
86. **Rhim, J.-W., Lee, J.-H. et Kwak, H.-S.** (2005). Mechanical and water barrier properties of soy protein and clay mineral composite. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 112 – 116.
87. **Rutot D, Dubois P.** 2004. « Les (bio) polymères biodégradables : l'enjeu de demain ? » *Chimie nouvelle*, N° 86, juin 2004.
88. **Sahoré Drogba A.** 2010. Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des tubercules et amidons d'igname (*Dioscorea*),
IDDN.FR.010.0115854.000.R.P.2010.030.31500, 2010
89. **Salafranca, J., Pezo, D., & Nerín, C.** (2009). Assessment of specific migration to aqueous simulants of a new active food packaging containing essential oils by means

- of an automatic multiple dynamic hollow fibre liquid phase microextraction system. *Journal of Chromatography A*, 1216(18), 3731-3739.
90. **SALMON Y.**, 2004 - Déphasages phénologiques chez le chêne vert (*Quercus ilex* L.) et conséquences fonctionnelles. Mém. DEA., biologie de l'évolution et écologie. Univ. Montpellier II (France), 104p.
91. **Seigue A.**, 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. g. p. Maisonneuve. Larose. Paris. 502p.
92. **Şenol, F. S., Şekeroğlu, N., Gezici, S., Kiliç, E. et Erdoğan Orhan, I.** 2017. Neuroprotective potential of the fruit (acorn) from *Quercus coccifera* L. *Turkish Journal* 89 Section 3: Chaîne de valeur du chêne-liège of Agriculture and Forestry, 42: 82-87. Doi: 10.3906/tar-1711-18.
93. **Sindic, M.**, Valorisation de l'amidon de blé : incidences des modalités de culture sur les propriétés techno-fonctionnelles, Presses agronomiques de Gembloux, Belgique (2010).
94. **SINGH J., KAUR L. & MCCARTHY O.J.** (2007). Factors influencing the physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food application-A review. *Food Hydrocolloids*. 21: 1-22.
95. Species of the Mediterranean maquis of central Italy. *Vegetatio*.
96. **Stecher, G., Tamura, K., & Kumar, S.** (2020). Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) for macOS. *Molecular Biology and Evolution*, 37(4), 1237-1239.
97. **Trubiano P.C.** (1983), *Carbohydr Polym* 4,369-308.
98. **TUTIN G., BURGESS N A., CHATER A O., EDMONDSON J R., HEYWOOD V H., MOORE D M., VALENTINE D H.**, 1993 - *Flora Europaea*. Vol.1. 2nd. Cambridge. Cambridge University Press.
99. **Vikas Mishra¹ Akash Patel² Darshan Rana³ Sanjay Nakum⁴ Bhupendra Singh⁵,** Preparation of Bio-Bag using Banana Peel as an Alternative of Plastic Bag, *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development* Vol.3, Issue 04, 2015 ISSN (online) : 2321-0613, page 453.
100. **Vinha, A. F., Barreira, J. C. M., Costa, A. S. G. et Oliveira, M. B. P. P.** 2016. A New Age for *Quercus* spp. Fruits: Review on Nutritional and Phytochemical Composition and Related Biological Activities of Acorns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15: 947-981. Institute of Food Technologists

101. **Yacine A., Lumaret.R.,** 1988. Distribution spatiale des géotypes dans une population de chêne vert (*Quercus ilex* L.) Flux génique et régime de reproduction. *Genet. Sel. Evol*, 20(2), 181-198.
102. **Zegai A, Medouni H,** 2013. Essais d'incorporation du gland de chêne vert (*Quercus ilex*. l), caroube (*ceratonia siliqua*.l) et écorces d'orange dans l'aliment de poulet de chair en substitution partielle au maïs. Thèse de doctorat Génie des Procédés, option de qualité et conservation des aliments.p83-101.
103. **Zhang, S. Q., Bi, H. M., & Liu, C. J.** (2007). Extraction of bio-active components from *Rhodiasachalinensis* under ultrahydrostatic pressure. *Separation and Purification Technology*, 57(2), 277-282.
104. **Ziyyat, A., Legssyer, A., Mekhfi, H., Dassouli, A., Serhrouchni, M., & Benjelloun, W.** (1997). Phytotherapy of hypertension and diabetes in oriental Morocco. *Journal of ethnopharmacology*, 58(1), 45-54.

Annexes

FICHE QUESTIONNAIRE

Le questionnaire auquel vous allez participer a été créé dans le cadre d'un mémoire de fin d'études. Nous vous invitons à répondre le plus sérieusement possible aux questions qui vont vous être posées.

Vos réponses ne seront traitées qu'à des fins statistiques et ce de manière totalement anonyme.

Merci d'avance pour votre aide.

Informateur :

Age : A1 : (20_30) ans A2 : (30_60) ans A3 > 60 ans

Sexe : Femme Homme

Situation familiale : Célibataire Marié

Niveau académique : Non scolarisé Primaire Secondaire Universitaire

Milieu de vie : Rural Urbain

Utilisation thérapeutique :

Usage de la plante : Alimentaire Thérapeutique Autres

Origine de l'information : Lecture Expérience personnel Expérience des ancêtres

Autres :

Plante seul

Association possible (de plantes)

.....

Partie	Utilisation
Tige	
Fleurs	
Fruits	
Graine	

Ecorce	
Feuille	
Plante entière	

Forme d'emploi : Poudre Extrait Tisane Autres :

Mode de préparation : Infusion Ebullition Décoction Cataplasme Cru

Autres :

Dose utilisée : Pincée Poignée Cuillerée Autres :

Dose précise : Quantité en g/verre :

Quantité en g/litre :

Autres :

Mode d'administration : Orale Massage Rinçage Badigeonnage

Autres :

Durée d'utilisation (durée de traitement) : Un jour Une semaine Un mois

Jusqu'à la guérison

Type de maladie :

Affections dermatologiques

Affections respiratoires

Affections cardio-vasculaires

Affections génito-urinaires

Affections ostéo-articulaires

Affections métabolique

Affections du tube digestif

Affections neurologiques

Affections des glandes annexes du tube digestif

Autres indications thérapeutiques usuels :

.....

Résultats : Guérison Amélioration Inefficace

Effet secondaires :

.....

Toxicité :

.....

Utilisation alimentaire :

Question 01 : Consommez-vous du chêne ?

Oui

Non

Question 02 : A quelle fréquence consommez-vous du chêne ?

Plusieurs fois par semaine

Une fois par semaine

Plusieurs fois par mois

Une fois par mois

Plus rarement

Question 03 : Où achetez ou consommez-vous du chêne ?

Marché

Arbres

Autres :

Question 04 : A quelle période de l'année récoltez-vous du chêne ?

.....

Question 05 : Quelles sont ses utilisations alimentaires ?

.....

.....

.....

.....

.....

Question 06 : Quel est le taux de réussite de ces recettes ?

Entre 10% et 40%

Entre 40% et 70 %

Entre 70% et 100%

Question 07 : Est-ce que vous faites l'extraction de l'amidon du chêne ?

Question 08 : Combien le temps prends-t-il le trempage de chêne dans l'eau avant l'utilisation ?

.....

Question 09 : Pour transformer les glands en farine, combien de temps prendront-ils pour les sécher au four avant de les moudre ?

.....

Question 10 : Comment débarrasser les glands de leurs tanins ?

.....

.....

Question 11 : Quelles sont les bienfaits des restes du gland ?

.....

.....