



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie Physico-chimique

Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme

Master

Option : Biochimie appliquée

Thème

Dosage des composés phénoliques et leurs classes dans les fruits
de *Pistacia lentiscus* en fonction du stade de maturation

Réalisé par :

Ait elhadj Kenza & Benhama Siham

Soutenu le : **24 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Mme Ayouni Karima	M.A.A	Présidente
Mr Atmani Djebbar	Professeur	Promoteur
Mme Sebaihi Salima	M.A.A	Examinatrice

Année Universitaire: 2017/2018

Remerciements

Avant tout nous remercions dieu le tout puissant qui nous a procuré de la volonté, de la santé et du courage pour mener à terme ce modeste travail.

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement notre promoteur Mr Atmani, pour avoir dirigé ce travail et accepté de nous encadrer, pour ses conseils et ses orientations.

Nous tenons à remercier très chaleureusement M^{me} Baazizi N, pour sa disponibilité, ces conseils et surtout sa patience tout au long de ce travail.

Nous tenons à remercier également Mr Aissat A, pour l'aide qu'il nous a apporté, pour son soutien.

Nous exprimons nos remerciements et notre profonde gratitude aux membres de jury :

Mme Ayouni K, qui nous a faits l'honneur de présider ce jury.

Mme Sebaihi S. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Notre gratitude s'adresse aussi à tout le personnel du laboratoire génétique :

Mm Atmani D, Naima et Farah, d'avoir été à notre écoute et avoir mis à notre disposition le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail.

Nous témoignons enfin notre reconnaissance à tous ceux et celles ayant contribué de pré ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère, ma raison d'être, ma raison de vivre, Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices et les efforts que tu n'as jamais cessé de me donner.

A mon très cher père, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens, les sacrifices, la tendresse et les prières tout au long de mes études, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous m'avez donné pour mon éducation et ma formation.

A mes chères soeurs, Samia et Kahina pour leur grand amour, leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

A mon très cher frère Samir et mon oncle Farid.

A mes chères : Kahina, Hassiba, Soumia, Hafida, Fadila, Sylia, Tinhinane, Saouba et Iméne

A mon binôme Siham, en témoignage d'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble. Merci du fond du cœur

A toute ma famille, pour leur patiente et leur encouragement même de loin.

A tous ceux que j'aime, qui ont cru en moi, qui ont répondu présent à chaque fois que j'avais besoin d'eux et qui me donnent l'envie d'aller en avant.



Kenza

Je dédie ce modeste travail :

*A mes chers **parents**, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices, je vous aime.*

*A ma sœur **Farida** et son mari **Mohand** et leurs adorables enfants **Celine** et **Yanis**.*

*A ma chère **Lydia** et son mari **Samir**.*

*A mes chères **frères***

*A mes **oncles**, mes **tantes** et toute ma famille*

*A mes chères : **Nadia**, **Feriel**, **Sylia**, **Tinhinane**, **Saouba** et **Iméne***

*A ma binome, coupine, l'adorable **Kenza** qui a tout partagé avec moi, merci du fond du cœur.*



SIHAM

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1

Chapitre I: Etude bibliographique

I.1. Généralités sur <i>Pistacia lentiscus</i>	2
I.1.1. Description botanique	2
I.1.2. Taxonomie et classification	3
I.1.3. Localisation géographique	3
I.1.4 Utilisation traditionnelle	4
I.1.5. Etude phytochimique	4
I.1.5.1. Les feuilles	4
I.1.5.2. Les fruits	4
I.1.5.3. Le mastic	5
I.1.6. Activités biologiques	5
I.2. Les composés phénoliques.....	5
I.2.1. Biosynthèse	6
I.2.2. Classification des composés phénoliques	6
I.2.2.1. Les acides phénoliques	7
I.2.2.2. Les flavonoïdes	8
I.2.2.3. Les tanins	11
I.2.3. Propriétés biologiques des composés phénoliques	12

Chapitre II: Matériels et Méthodes

II.1. Matériels	13
II.1.1. Matériels du laboratoire.....	13
II.1.2. Produits chimiques	13
II.1.3. Matériel végétal	13
II.2. Méthodes	14
II.2.1. Extraction éthanolique des composés phénoliques	14
II.2.2. Dosage des composés phénoliques.....	15
II.2.2.1. Dosage des phénols totaux	15
II.2.2.2. Dosage des flavonoïdes	17
II.2.2.3. Dosage des tanins	17
II.2.2.3.1. Dosage des tanins totaux	18
II.2.2.3.2. Dosage des proanthocyanidines	19
II.2.2.4. Dosage des anthocyanes	20
II.2.3. Analyse statistique	21

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Résultats	22
III.1.1. Taux d'extraction	22
III.1.2. Dosage des phénols totaux	22
III.1.3. Dosage des flavonoïdes	23
III.1.4. Dosage des tanins totaux	23
III.1.5. Dosage des proanthocyanidines	24
III.1.6. Dosage des anthocyanes.....	25
III.2. Discussion	26
Conclusion et perspectives	29
Références bibliographiques	30
Annexes	

Liste des abréviations

A	Absorbance
AlCl ₃	Trichlorure d'Aluminium
BSA	Bovine Serum Albumin (Serum Albumine Bovine)
C ₂ H ₃ NaO ₂	Acétate de sodium
Da	Dalton
DF	Facteur de dilution
EAG	Equivalent Acide Gallique
EAT	Equivalent Acide Tannique
EC	Equivalent Catéchine
EC-3-G	Equivalent Cyanidine-3-Glucoside
ERO	Espèce Réactive de l'Oxygène
EQ	Equivalent Quercitine
FeCl ₃	Chlorure de fer
HCl	Chlorure d'hydrogène
KCl	Chlorure de potassium
NaCO ₃	Carbonate de sodium
OH [·]	Radical hydroxyle
O ₂ ^{·-}	Anion superoxyde
PEP	Phosphoénol Pyruvate
SDS	Sodio dodecilo Sulfato (Dodécyl sulfate de sodium)
TEA	Triéthanolamine
ε	Coefficient d'extinction molaire
%	Pourcentage

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Photographie de <i>Pistacia lentiscus</i>	2
2	Répartition géographique de <i>Pistacia lentiscus</i>	3
3	Biosynthèse des composés phénoliques par la voie shikimate et la voie polyacétate	6
4	Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques	7
5	Structures chimiques des acides hydroxycinamiques	8
6	Structure de base des flavonoïdes	8
7	Structure générale des anthocyanes	9
8	Structure des anthocyanes en fonction du pH	10
9	Structure des tanins hydrolysables	11
10	Structure des tanins condensés	11
11	Mécanisme de piégeage d'un radical libre par les flavonoïdes	12
12	Photographie des fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> séchés et leurs poudres après broyage à différents stades de maturation	14
13	Photographies des étapes d'extraction des composés phénoliques dans les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> en fonction des stades de maturation	15
14	Protocole de dosage des phénols totaux	16
15	Protocole de dosage des flavonoïdes	17
16	Protocole de dosage des tanins totaux	18
17	Protocole de dosage des proanthocyanidines	19
18	Protocole de dosage des anthocyanes	20
19	Résultats de dosage des phénols totaux dans les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> en fonction de stades de maturation	22
20	Résultats de dosage des flavonoïdes dans les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> en fonction de stades de maturation	23
21	Résultats de dosage des tanins totaux dans les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> en fonction de stades de maturation	24
22	Résultats de dosage des proanthocyanidines dans les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> en fonction de stades de maturation	24
23	Résultats de dosage des anthocyanes dans les fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> en fonction de stades de maturation	25

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I	Classification de <i>Pistacia lentiscus</i>	3
Tableau II	Principales classes des flavonoïdes	9
Tableau III	Structures chimiques des anthocyanidines	10
Tableau IV	Les mois de récolte des fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> et leurs couleurs en fonction des stades de maturation	13
Tableau V	Taux d'extraction des fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> à différents stades de maturation	22

Depuis l'antiquité, les plantes médicinales sont utilisées afin d'entretenir notre santé, prévenir nos maux voir les guérir, elles sont considérées comme étant une matière première essentielle pour la découverte de nouvelles molécules nécessaires à la mise au point de futurs médicaments (**Maurice, 1997**).

De nos jours, cette utilisation traditionnelle pousse le domaine scientifique de la recherche à découvrir les principes actifs doués d'activités biologiques grâce à plusieurs domaines y compris la chimie, la biochimie et la physiologie afin d'identifier la structure chimique de ces substances et de cibler leurs modes d'utilisation, leurs indications dans diverses pathologies et leurs propriétés thérapeutiques et pharmacologiques. Par l'étendu des domaines de recherche, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs sont souvent liés aux composés phénoliques qui sont présents dans toutes les parties des plantes (racines, feuilles, fleurs et fruits) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la germination des graines et la maturation des fruits (**Macheix et al., 2005**).

Pistacia lentiscus est une plante médicinale appartenant à la famille des Anacardiaceae, caractéristique des côtes méditerranéennes, elle se développe sur tout type de sol, dans l'Algérie subhumide et semi-aride (**Charef et al., 2008 ; Arab et al., 2014**). De nombreuses études ont rapportées la richesse de cette espèce en composés phénoliques auxquels sont attribuées ses diverses activités biologiques. Pendant la maturation, un fruit subit une série de changements manifestes de couleur, de texture et de saveur, indiquant que des modifications de la composition ont lieu (**Bashir et Abu-Goukh, 2003**). Il est à noter qu'aucune étude antérieure portant sur le dosage des composés phénoliques dans les fruits de *Pistacia lentiscus* durant la maturation n'a été conduite. Donc, cette étude a été menée pour tenter d'élucider les changements de composition phénolique lors de la maturation des fruits de *Pistacia lentiscus* et pour fournir une information de base concernant ces changements biochimiques.

Ce présent travail est réparti en trois parties :

- Une partie relative à l'étude bibliographique résumant les généralités sur la plante et les composés phénoliques.
- Une partie abordant l'étude expérimentale avec la description du matériel végétale et des méthodes utilisées.
- Une troisième et dernière partie qui présente les résultats obtenus et leur discussion.

Des références bibliographiques et des annexes viennent compléter le texte élaboré en mémoire inauguré par une introduction générale et clôturé par une conclusion.

I.1. Généralités sur *Pistacia lentiscus*

I.1.1. Description botanique

Pistacia, issu du grec *pistakê*, est un arbre à résine dont la graine est comestible et *lentiscus* vient du latin *lentus*, qui signifie visqueux (Botineau, 2015). Le pistachier lentisque arbuste ou petit arbre ligneux de 1 à 5 mètres de hauteur (figure 1), appartenant à la famille des Anacardiaceae. C'est une espèce dioïque, thermophile dégageant une odeur résineuse pénétrante (Charef *et al.*, 2008). L'arbuste est nommé localement dans les régions kabyles « Amadagh », alors que les graines sont communément appelées « Tidekth ».

Selon Botineau, (2015) *Pistacia lentiscus* se caractérise par :

- **Les fruits** sont des baies globuleuses d'environ 5 mm de diamètre, monospermes, d'abord rouges, puis noirs à la maturité (novembre à janvier).
- **Les feuilles** sont persistantes, composées à nombre pair de folioles coriaces étroites et pointues.
- **Les fleurs** sont unisexuées d'environ 3 mm de large qui se présentent sous forme de grappe (floraison : mars –mai).
- **Le mastic** est un suc résineux issu de l'incision du tronc de cet arbuste.



Figure 1 : Photographie de *Pistacia lentiscus*.

I.1.2. Taxonomie et classification

La taxonomie rapportée dans le tableau ci-dessous (tableau I) a été décrite par **Ansari et Siddiqui (2012)**.

Tableau I : Classification de *Pistacia lentiscus* (**Ansari et Siddiqui, 2012**).

Règne	Plante
Division	Magnoliophyta
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia lentiscus</i>
Nom binomial	<i>Pistacia lentiscus</i> L.

I.1.3. Localisation géographique

Pistacia lentiscus est retrouvée couramment en sites arides sur le pourtour méditerranéen de l'Europe, d'Afrique et d'Asie, jusqu'aux Canaries et au Portugal (**Bellakhder, 1997**). En Algérie, la présence du pistachier est très répandue dans les sites subhumides, semi aride et dans le bassin de la Soummam en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (**Belhadj, 2001**). Il se développe dans divers habitats le long d'un gradient climatique qui varie suivant le rayonnement solaire, la température et la précipitation (**Ait said et al., 2011**). La répartition géographique des espèces de *Pistacia* est présentée sur la figure 2.



Figure 2: Répartition géographique de *Pistacia lentiscus* (**Al-Saghir, 2006**).

I.1.4. Utilisation traditionnelle

Les feuilles, les fruits et le mastic de *Pistacia lentiscus* sont traditionnellement utilisés dans divers régions pour traiter différentes pathologies (**Ljubuncic et al., 2005; Benhammou et al., 2008**).

- ❖ Les parties aériennes de *Pistacia lentiscus* sont utilisées dans la médecine populaire comme stimulants et diurétiques, mais aussi, pour traiter l'hypertension, la toux, le mal de gorge, l'eczéma, les maux d'estomac et les calculs rénaux (**Villar et al., 1987**).
- ❖ La décoction des racines séchées est efficace contre l'inflammation de l'intestin et de l'estomac, ainsi que dans le traitement de l'ulcère (**Palevitch et Yaniv, 2000**).
- ❖ L'huile des fruits du lentisque est souvent utilisée comme un remède d'application externe locale sous forme d'onguent pour soigner les brûlures et les douleurs dorsales (**Bellakhder, 1997**).
- ❖ Le mastic de *Pistacia* a été utilisé par les guérisseurs traditionnels pour le soulagement des douleurs abdominales, des maux d'estomac et l'ulcère gastro-duodéal (**Al-Habbal et al., 1984**).

I.1.5. Etude phytochimique

L'utilisation de *Pistacia lentiscus* en médecine traditionnelle a poussé les chercheurs à mener plusieurs études phytochimiques afin d'identifier les principes actifs des différentes parties de la plante.

I.1.5.1. Les feuilles

La composition chimique des feuilles de *Pistacia lentiscus* est caractérisée par la présence des glycosides de flavanols comme la myricetine et la quercitine, l'acide gallique, les dérivé galloyls et les anthocyanines (**Romani et al., 2002; Vaya et Mahmood, 2006**). Elles contiennent aussi des stérols, et des saponosides (**Bammou et al., 2015**).

Les études phytochimiques effectuées sur les huiles essentielles obtenue à partir des feuilles de lentisque ont montré la présence de α - pinène, limonène, γ -terpénine et terpénine -4-ol (**Ben douissa et al., 2005**).

I.1.5.2. Les fruits

Les fruits de *Pistacia lentiscus* ont une très forte teneur en leucoanthocyanes, tanins totaux, tanins galliques ainsi que des flavonoïdes (**Arab et al., 2014**).

L'étude de **Longo et ses collaborateurs (2007)**, sur les fruits de *Pistacia lentiscus* a permis d'identifier trois anthocyanes à savoir cyanidine 3-O-glucoside, delphinidine 3-O-glucoside et cyanidine 3-O-arabinoside. Par ailleurs, une autre étude phytochimique réalisée sur la fraction d'acétate d'éthyle (EtOAc) de fruits de *Pistacia lentiscus* a permis d'isoler deux polyphénols qui sont l'acide gallique et le 1,2,3,4,6 – pentagalloylglucose (**Abdelwahed et al., 2007**). Selon **Trabelsi et al. (2012)**, les fruits de *Pistacia lentiscus* représentent une très forte teneur en acides gras mono- insaturés. Le principal acide gras est l'acide oléique, suivi de l'acide palmitique et l'acide linoléiques. Ainsi qu'une grande quantité de phytostérols tels que β -sistérol et le campestérol. Récemment l'étude de **Mezni et al. (2018)**, a révélée la présence de composés phénoliques dans les huiles de fruits comme les acides phénoliques et les flavonols.

I.1.5.3. Le mastic

Les études consacrés au mastic ont montré la présence des huiles essentielles, ainsi un polymère cis-1,4-poly- β -myrcène (**Van den berg et al., 1998**).

I.1.6. Activités biologiques

Plusieurs études expérimentales effectuées sur *Pistacia lentiscus* ont mis en évidence différentes activités biologiques :

Les extraits des feuilles et des fruits de cette plante ont montré un pouvoir anti-radicalaire important notamment l'inhibition de certains enzymes tels que la xanthine oxydase qui est une enzyme productrice des radicaux libres (**Berboucha et al., 2010**). Les résultats obtenus de l'étude des extraits des feuilles et des fruits effectuée par **Atmani et al. (2009)** et **Remila et al. (2015)**, indiquent que *Pistacia lentiscus* présente des propriétés anti-oxydantes, anti-inflammatoires et anticancéreuses, conformément aux utilisations traditionnelle de cette plante. D'une autre part, des études, *in vivo* et *in vitro* ont été réalisées sur *Pistacia lentiscus* qui révèlent son pouvoir anti-microbien, anti-fongique, hépatoprotecteur et anti-diabétique (**Kordali et al., 2003; Mehenni et al., 2016**).

I.2. Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires qui dérivent du phénol C_6H_5OH , structurellement ils sont caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs noyaux aromatiques auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupements hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction tels que: éther, ester ou hétéroside (**Ribereau-Gayon, 1968**).

Ce sont des substances ubiquistes fortes répandues dans le règne végétal, qui varient depuis les molécules organiques simples telles que les acides phénols vers les composés hautement polymérisés comme les tanins, où plus de 8000 structures ont été identifiées (Mahmoudi *et al.*, 2013).

I.2.1. Biosynthèse

Les composés phénoliques sont synthétisés à partir des métabolites primaires, via deux voies :

- **La voie shikimate** : La condensation et la cyclisation de PEP et l'érythrose -4-phosphate conduisent à la formation de l'acide shikimique (figure 3), la transformation de ce dernier donne la naissance aux acides aminés aromatique (tyrosine et phénylalanine), leurs désamination conduit à la formation de l'acide cinnamique et ces dérivés (Bruneton, 1999).
- **La voie polyacétate** : Plusieurs acétates se condensent (figure 3) pour conduire à des dérivés β -cétoester de longueur variable (Chira *et al.*, 2008).

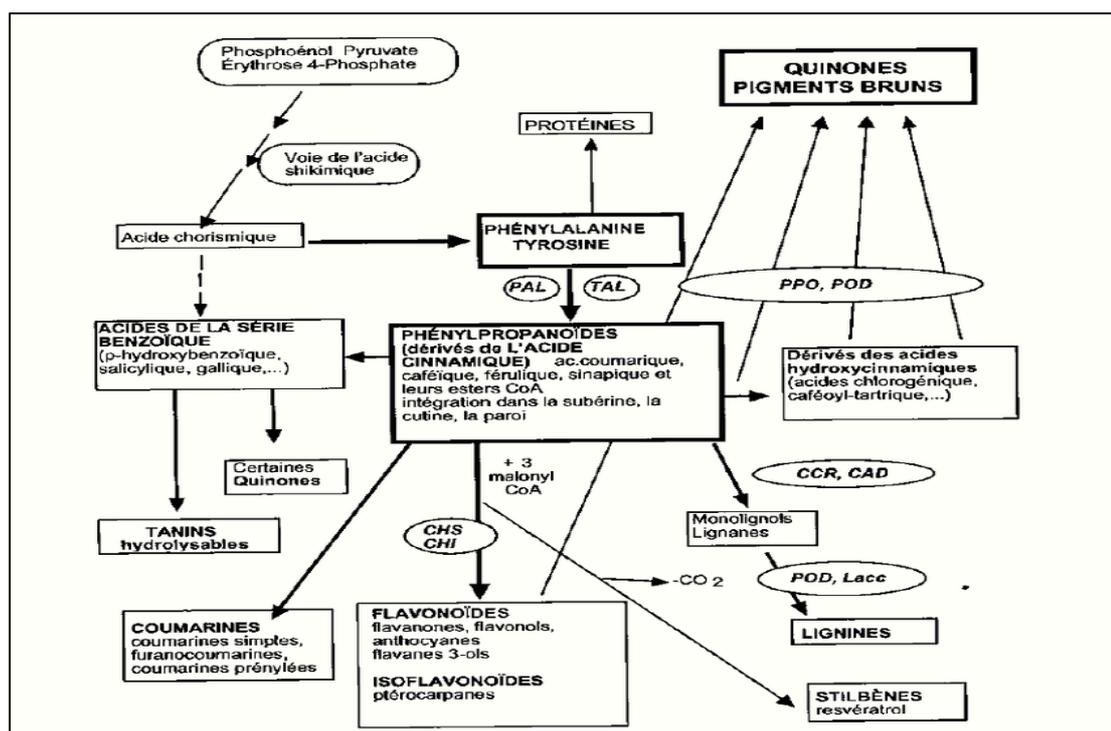


Figure 3: Biosynthèse des composés phénoliques (Macheix *et al.*, 2006).

I.2.2. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont un groupe de produits naturels très diversifié et se subdivisent en plusieurs classes, qui se différencient d'abord par la complexité du squelette

de base, ensuite par le degré de modification de ce squelette, enfin par liaison possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (Macheix *et al.*, 2005).

Ils sont répartis en plusieurs classes, parmi elles : les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins.

I.2.2.1. Les acides phénoliques

Le terme « acide phénolique » peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Bruneton, 1999). Ces composés sont universellement rencontrés chez les plantes sous forme libres ou liés. Ils se distinguent selon leur squelette de base, en deux principaux groupes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinamiques (Ignat *et al.*, 2011 ; Garon et Guéguen, 2014).

I.2.2.1.1. Les acides hydroxybenzoïques

Les acides hydroxybenzoïques sont des dérivés hydroxylés de l'acide benzoïque, ils existent fréquemment sous forme d'ester ou de glucosides, dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique (macheix *et al.*, 2005).

➤ Structure

Les acides hydroxybenzoïques présentent une structure de base de type C₆-C₁, composé d'un noyau benzénique sur lequel s'attache une chaîne aliphatique à un carbone (figure 4) (Chira *et al.*, 2008).

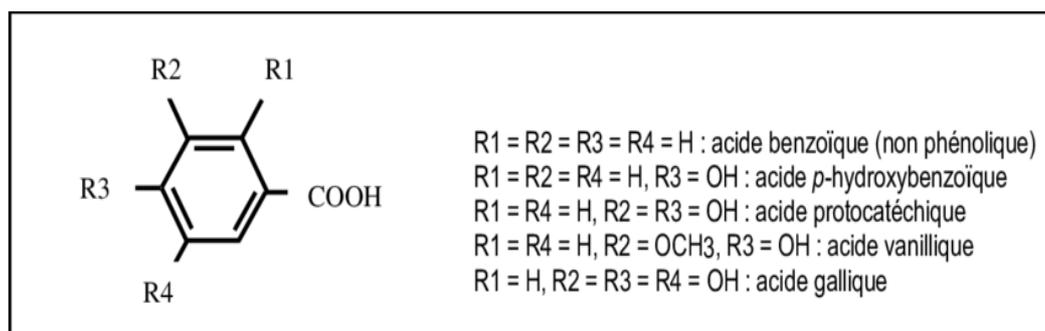


Figure 4: Structures chimiques des acides hydroxybenzoïques (Jakobek *et al.*, 2007).

I.2.2.1.2 Les acides hydroxycinamiques

Les acides hydroxycinamiques dérivent de l'acide cinnamique, ce sont des composés aromatiques qui existent souvent sous forme combiné dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (Macheix *et al.*, 2005).

➤ Structure

Les acides hydroxycinamiques présentent une structure de base de type C₆-C₃, composé d'un noyau benzénique avec une chaîne aliphatique à trois carbone (figure 5) (Chira *et al.*, 2008).

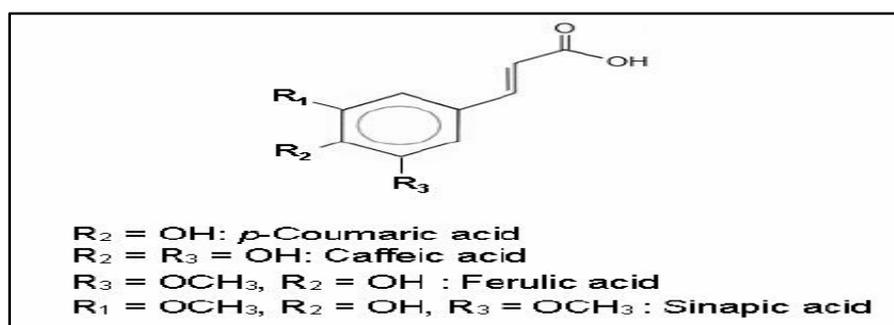


Figure 5: Structures chimiques des acides hydroxycinamiques (Jakobek *et al.*, 2007).

I.2.2.2. Les flavonoïdes

Le terme « flavonoïdes » proviendrait du terme flavedo, désignant la couche externe des écorces d'orange, cependant d'autres auteurs supposaient que ce terme a été plutôt prêté du flavus qui désigne jaune (Garon et Guéguen, 2014). Ils sont considérés comme des pigments responsables de la coloration des fleurs et des fruits des végétaux (Fleuriet *et al.*, 1996).

I.2.2.2.1. Structure et classification

Les flavonoïdes sont le groupe le plus connu de composés phénoliques d'origine biosynthétique mixte (Pietta, 2000), comprenant 15 atomes de carbone, formant une structure C₆-C₃-C₆ constitué de deux noyaux aromatiques (A et B) reliés par un hétérocycle oxygéné (C) et ils existent sous forme simples ou glycosylés (Chira *et al.*, 2008). Du point de vue structural, les flavonoïdes se répartissent principalement en trois familles: les flavonols, les flavanols et les anthocyanes (tableau II); qui se différencient par le degré d'oxydation du noyau pyranique central (figure 6).

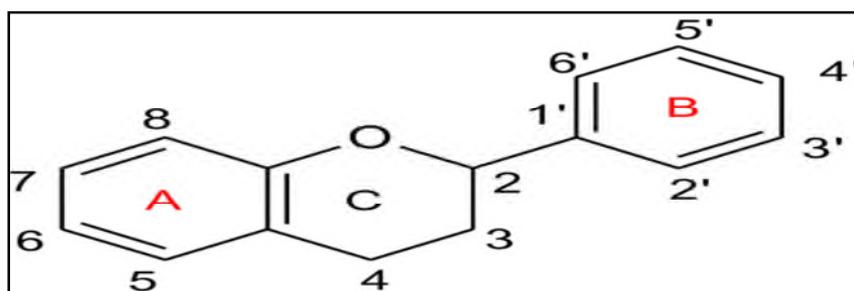
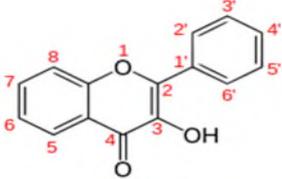
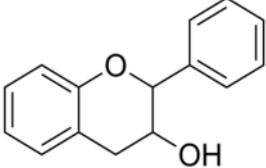
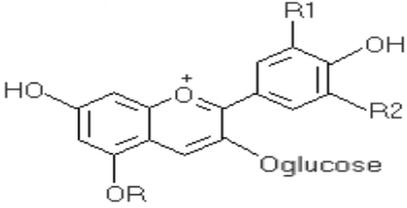


Figure 6: Structure de base des flavonoïdes (Pietta, 2000).**Tableau II:** Principales classes des flavonoïdes

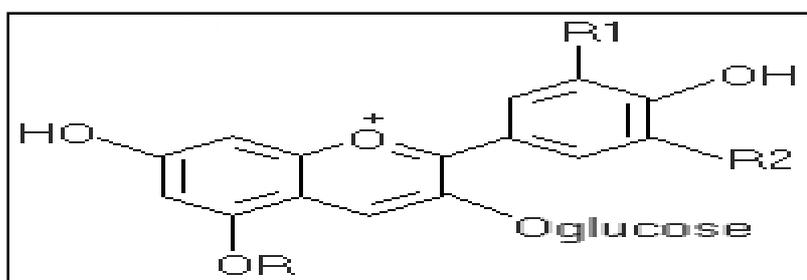
Classes	Structures chimiques
Flavonol	
Flavanol	
Anthocyane	

➤ Les anthocyanes

Les anthocyanes ou les anthocyanines (du grec anthos , fleur et kuanos, bleu violet) est un terme général qui regroupe les anthocyanidols et leur dérivés glycosylés, ces molécules faisant parties de la famille des flavonoïdes sont des pigments naturels qui confèrent au fleurs, fruits et les baie tous les couleurs allant du bleu ou rouge (Castañeda-Ovando *et al.*, 2009).

➤ Structure des anthocyanes

La structure de base des anthocyanes est caractérisée par un noyau « flavon », généralement glycolysé en position C₃ (figure 7) (Lee *et al.*, 2005).

**Figure 7:** Structure générale des anthocyanes (Castañeda-Ovando *et al.*, 2009).

➤ Influence du pH sur les anthocyanes

Les anthocyanes sont présents dans différentes formes chimiques qui dépendent du pH de la solution. A pH=1, le cation flavylum est l'espèce prédominante qui contribue à des couleurs rouges. Aux valeurs du pH entre 2 et 4, les espèces bleues quinoidales sont les prédominantes. Aux valeurs du pH entre 5 et 6 seulement deux espèces sans couleur peuvent être observées. A pH supérieur à 7, les anthocyanines sont dégradées selon leurs groupe de substituants (**Castañeda-Ovando et al., 2009**). La figure ci-dessous (figure 8) résume les transformations des anthocyanes liées aux modifications de l'acidité du milieu.

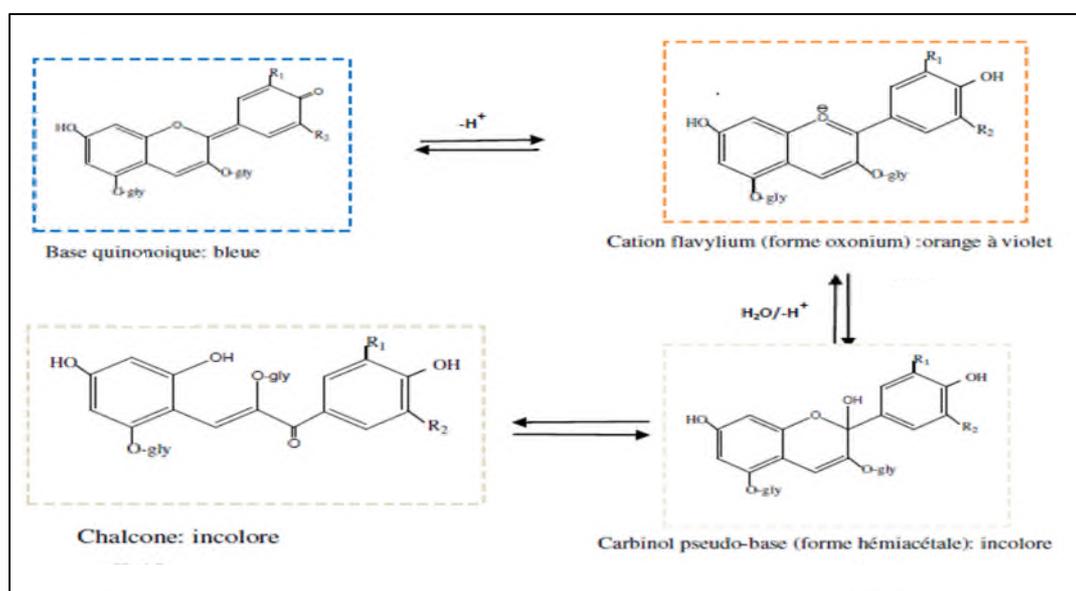


Figure 8: Structures des anthocyanes en fonction du pH (**Lee et al., 2005**).

Les anthocyanes peuvent être groupés en différentes classes basées sur le degré de méthylation, la nature, le nombre et la position des oses liés à la molécule (**Tsuda, 2012**). Ils sont au moins six principaux types d'anthocyanes représentés dans le tableau III.

Tableau III: Structures chimiques des anthocyanidines (**Tsuda, 2012**).

R ₁	R ₂	Anthocyanidine
H	H	Pelargonidine
OH	H	Cyanidine
OCH ₃	H	Peonidine
OH	OH	Delphinidine

OCH ₃	OH	Petunidine
OCH ₃	OCH ₃	Malvidine

I.2.2.3. Les tanins

Le terme « tanin » regroupe des substances phénoliques polymériques caractérisés par leurs propriétés de combinaison aux protéines. Ils représentent une classe très importante de polyphénols, dont leur poids moléculaire est compris entre 500 et 3000 Da. Sur le plan structurelle, les tanins sont divisés en deux groupes : tanins hydrolysables et tanins condensés (Macheix *et al.*, 2006 ; Ignat *et al.*, 2011).

I.2.2.3.1. Tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables sont des esters du D- glucose et de l'acide gallique et ses dérivés (figure 9), ils sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique (Garon et Guéguen, 2014; Ribereau-Gayon , 1968).

➤ Structure

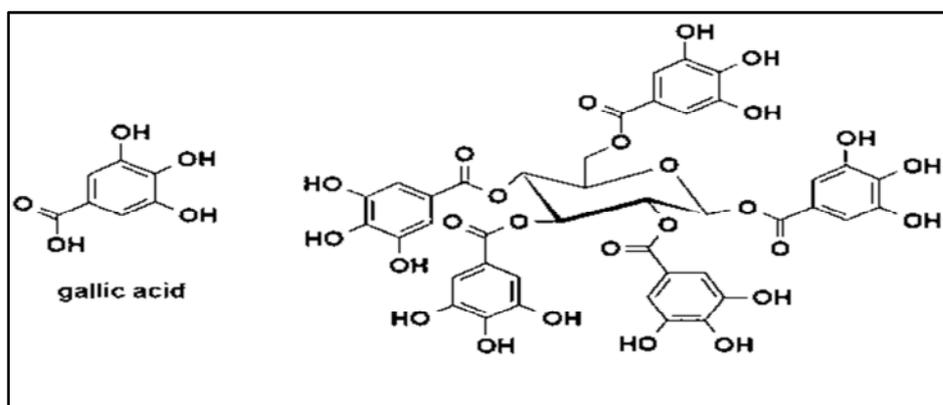


Figure 9: Structure des tanins hydrolysables (Macheix *et al.*, 2005).

I.2.2.3.2. Tanins condensés

Les tanins condensés, également nommés proanthocyanidines, sont des oligomères ou des polymères de Flavan-3-ols dérivés de la catéchine (figure 10), ils sont caractérisés par la résistance à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader (Garon et Guéguen, 2014).

➤ Structure

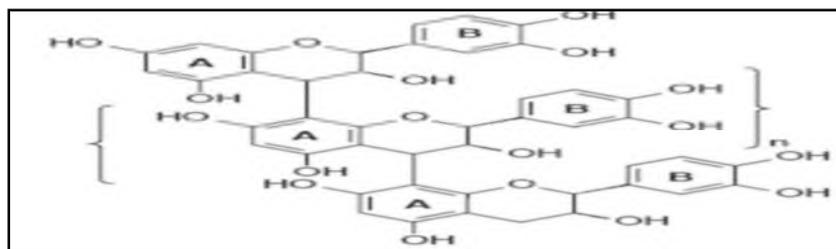


Figure 10: Structure des tanins condensés (Macheix *et al.*, 2005).

I.2.3. Propriétés biologiques des composés phénoliques

Les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier, suscitent actuellement beaucoup d'intérêt en raison du bénéfice qu'ils pourraient apporter en termes de prévention des maladies, et beaucoup d'entre eux montrent des activités biologiques liées à leurs propriétés antioxydantes et antiradicalaires. Dans ce sens le mode d'action des composés phénoliques comme des antioxydants est exercé via plusieurs mécanismes :

- Inhibition des espèces réactives de l'oxygène (E.R.O) ;
- Piégeage des radicaux libres ;
- Chélation des ions métalliques responsables de la production des E.R.O ;
- Inhibition de l'activité d'un réseau d'enzymes produisant des E.R.O, y compris la xanthine oxydase.

La propriété des flavonoïdes la mieux décrite est leur capacité à piéger les radicaux libres ; La structure chimique des flavonoïdes leur confère la capacité à réagir directement avec les radicaux libres (figure 11) tels que les radicaux hydroxyles (OH^\bullet), anions superoxydes ($\text{O}_2^{\bullet -}$)..., par le transfert d'hydrogène (Ghedira, 2005) ; selon le mécanisme suivant :

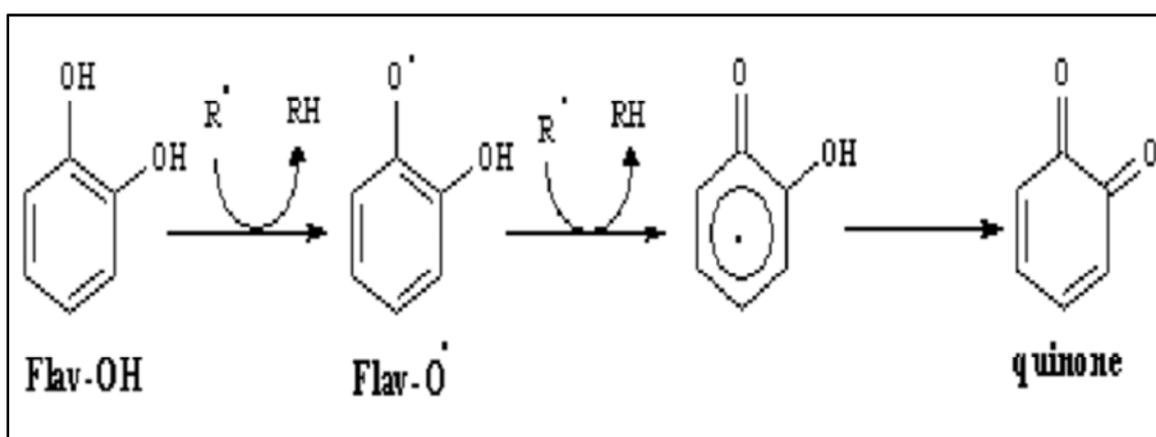


Figure 11: Mécanisme de piégeage d'un radical libre par les flavonoïdes (Jovanovic *et al.*, 1998).

II.1. Matériels

II.1.1. Matériels du laboratoire

Spectrophotomètre UV-Visible (SHIMADZU); Balance électrique (RADWAY); Centrifugeuse (Sigma) ; Agitateur électromagnétique (VELP); pH mètre (HANNA); Homogénéisateur (Heidolph); Vortex (VELP); Sonicateur; Etuve; Bêchers; Tubes à essais; Micropipettes; Eppendorf; Erlenmeyers; Spatules; Pipettes; Poires; Eppendorfs...

II.1.2. Produits chimiques

Carbonate de Sodium (NaCO_3); Acétate de Sodium ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$); Chlorure de fer (FeCl_3); Ethanol; Méthanol; Chlorure d'hydrogène (HCl); Aluminium Chloride (AlCl_3); Acide acétique; Sodio dodecilo sulfato (SDS); Réactif de Folin-Ciocalteu; Bovine Sérum Albumine (BSA); Acide gallique; Acide tannique; Catéchine; Chlorure de potassium; Triéthanolamine (TEA) (les réactifs sont majoritairement de marque Sigma).

II.1.3. Matériel végétal

Les fruits de *Pistacia lentiscus* ont été récoltés à différents stades de maturation au niveau du village de Tizi Neftah, commune d'Amizour située à l'est de Bejaia, loin de tout impact de pollution. Les mois de récolte sont présentés dans le tableau suivant (tableau IV) :

Tableau IV: Les mois de récolte des fruits de *Pistacia lentiscus* et leurs couleurs en fonction des stades de maturation.

Stade de maturation	Couleurs des fruits et l'état de maturation	Mois de récolte
1	Entièrement vert, pas mûr	Octobre 2016
2	Vert- rouge, Pas mûr	Novembre 2016
3	Rouge, à moitié mûr	Décembre 2016
4	Rouge, à moitié mûr	Décembre 2016
5	Noir, mûr	Janvier 2017
6	Noir, mûr	Janvier 2017

➤ Séchage et broyage

Les fruits de *Pistacia lentiscus* ont été séchés à température ambiante dans un endroit aéré à l'abri de la lumière, puis broyés à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine pour les stades 1, 2, 3 et 4 et d'une pâte visqueuse pour les deux derniers stades (5 et 6) (figure 12), le broyat va constituer la matière végétale qui va servir à l'extraction des composés phénoliques.

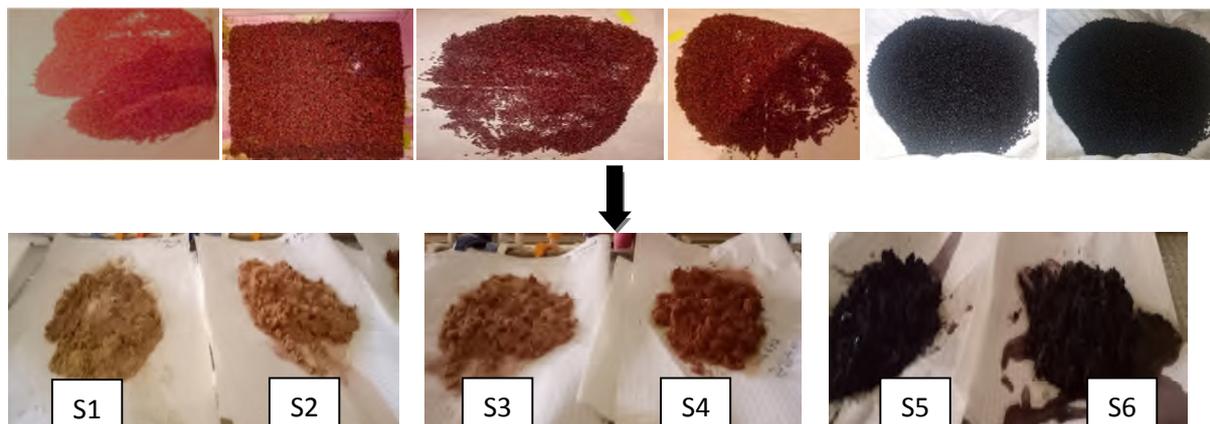


Figure 12: Photographies des fruits de *Pistacia lentiscus* séchés et leurs poudres après broyage à différents stades de maturation.

II.2. Méthodes

Le broyat de chaque stade a été d'abord délipidé par une extraction à l'hexane 95%, sous agitation pendant 24 h, afin d'éliminer les lipides contenus dans les échantillons.

II.2.1. Extraction éthanolique des composés phénoliques

La méthode d'extraction appliquée dans cette étude est celle de **Atmani *et al.* (2009)**. Les étapes sont les suivantes :

- **Macération :** La poudre végétale a été remise dans de l'éthanol (95%) sous agitation, pendant 24 heures, à un rapport de 1 gramme de poudre pour 4 ml d'éthanol.
- **Décantation :** Le mélange a été laissé décanter pendant 24 heures et le surnageant a été récupéré et séché au rotavapeur (figure 13).

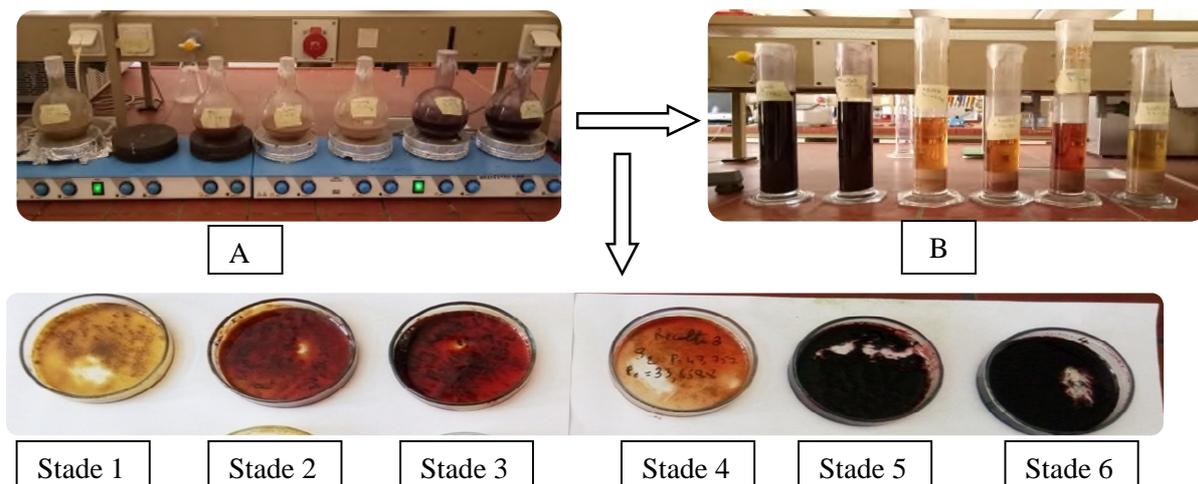


Figure13: Photographies des étapes d'extraction des composés phénoliques dans les fruits de *Pistacia lentiscus* en fonction des stades de maturation. A: Macération ; B : Décantation.

Le taux d'extraction est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rd (\%)} = [(P_1) - (P_0) / E] * 100$$

Avec :

P_1 : Poids d'extrait après évaporation (g);

P_0 : Poids de la boîte de pétri (g);

E : Poids de la poudre avant extraction (g).

II.2.2. Dosage des composés phénoliques

En se basant sur la bibliographie, nous avons appliqué les méthodes les plus utilisées pour déterminer la composition chimique de nos extraits éthanoliques.

II.2.2.1. Dosage des phénols totaux

L'estimation de la teneur en phénols totaux des extraits de fruits de *Pistacia lentiscus* dans les différents stades de maturation a été effectuée par une méthode décrite par **Djeridane et al. (2006)**, au moyen du réactif de Folin Ciocalteu.

➤ Principe

Cette méthode de quantification, exploite la propriété du réactif de Folin-Ciocalteu constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) de couleur jaune, qui est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}).

Cette coloration bleue, dont l'intensité est proportionnelle aux taux de composés phénoliques présents dans le milieu donne un maximum d'absorption à 760 nm.

➤ **Mode opératoire**

Le protocole suivi est résumé dans la figure suivante :

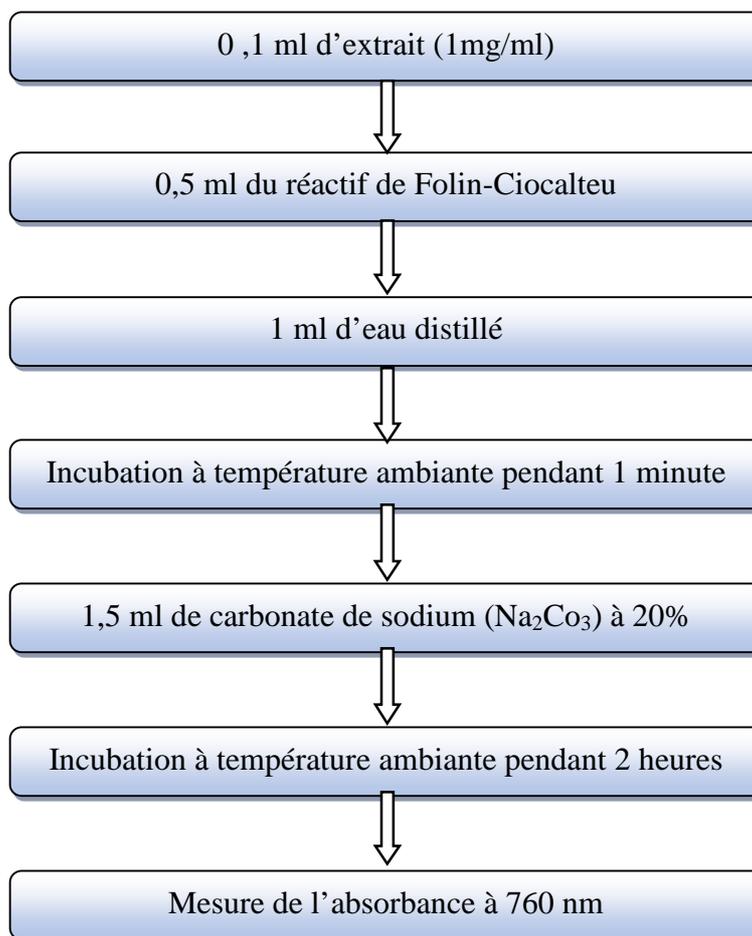


Figure14: Protocole de dosage des phénols totaux (Djeridane *et al.*, 2006).

➤ **Expression des résultats**

L'absorbance, par référence à une gamme étalon obtenue avec l'acide gallique permet de déterminer la quantité de phénols totaux présents dans les extraits (Annexe 1), elle est exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait (mg EAG/ g d'extrait).

II.2.2.2. Dosage des flavonoïdes

L'estimation de la teneur en flavonoïdes contenus dans les extraits des fruits de *Pistacia lentiscus* en différents stades de maturation est réalisée par la méthode spectrophotométrique du trichlorure d'aluminium (AlCl₃) développée par Maksimovič *et al.* (2005).

➤ **Principe**

Le principe de la méthode repose sur la capacité des flavonoïdes à se complexer avec le chlorure d'aluminium, ce complexe donne à la solution une coloration jaunâtre qui absorbe à 430 nm.

➤ **Mode opératoire**

Le protocole suivi est résumé dans la figure suivante :

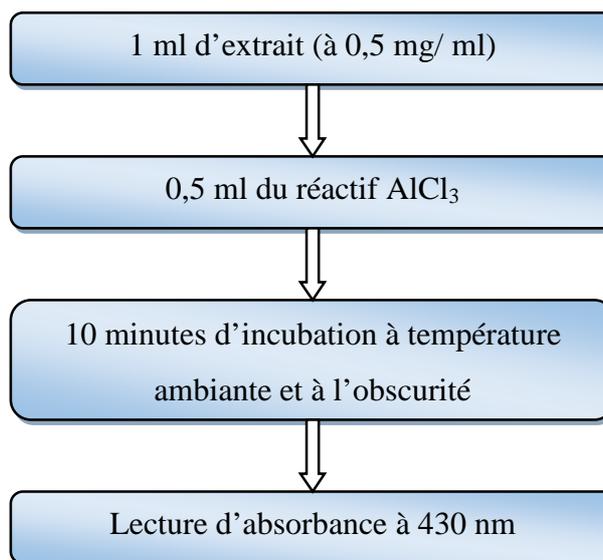


Figure15: Protocole de dosage des flavonoïdes (Maksimovič *et al.*, 2005).

➤ **Expression des résultats**

La quantification des flavonoïdes a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire (Annexe 2) réalisée par la quercétine à différentes concentrations dans les mêmes conditions que les extraits. Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent de la quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/g d'extrait).

II.2.2.3. Dosage des tanins

La quantité des tanins contenus dans les extraits de la plante en différents stades de maturation a été accomplie en suivant deux méthodes, à savoir la méthode basée sur le sérum albumine bovine (BSA) décrite par **Hagerman et Butler. (1978)**, pour le dosage des tanins totaux et la méthode de vanilline-HCl décrite par **Mélo *et al.* (2006)**, pour le dosage des tanins condensés.

II.2.2.3.1. Dosage des tanins totaux

➤ Principe

La méthode de **Hagerman et Butler (1978)** est basée sur la précipitation des tanins par la protéine BSA, le principe est l'obtention d'un complexe fer-phénols coloré qui est déterminé spectrophotométriquement à 510 nm.

➤ Mode opératoire

Le protocole suivi est résumé dans la figure suivante :

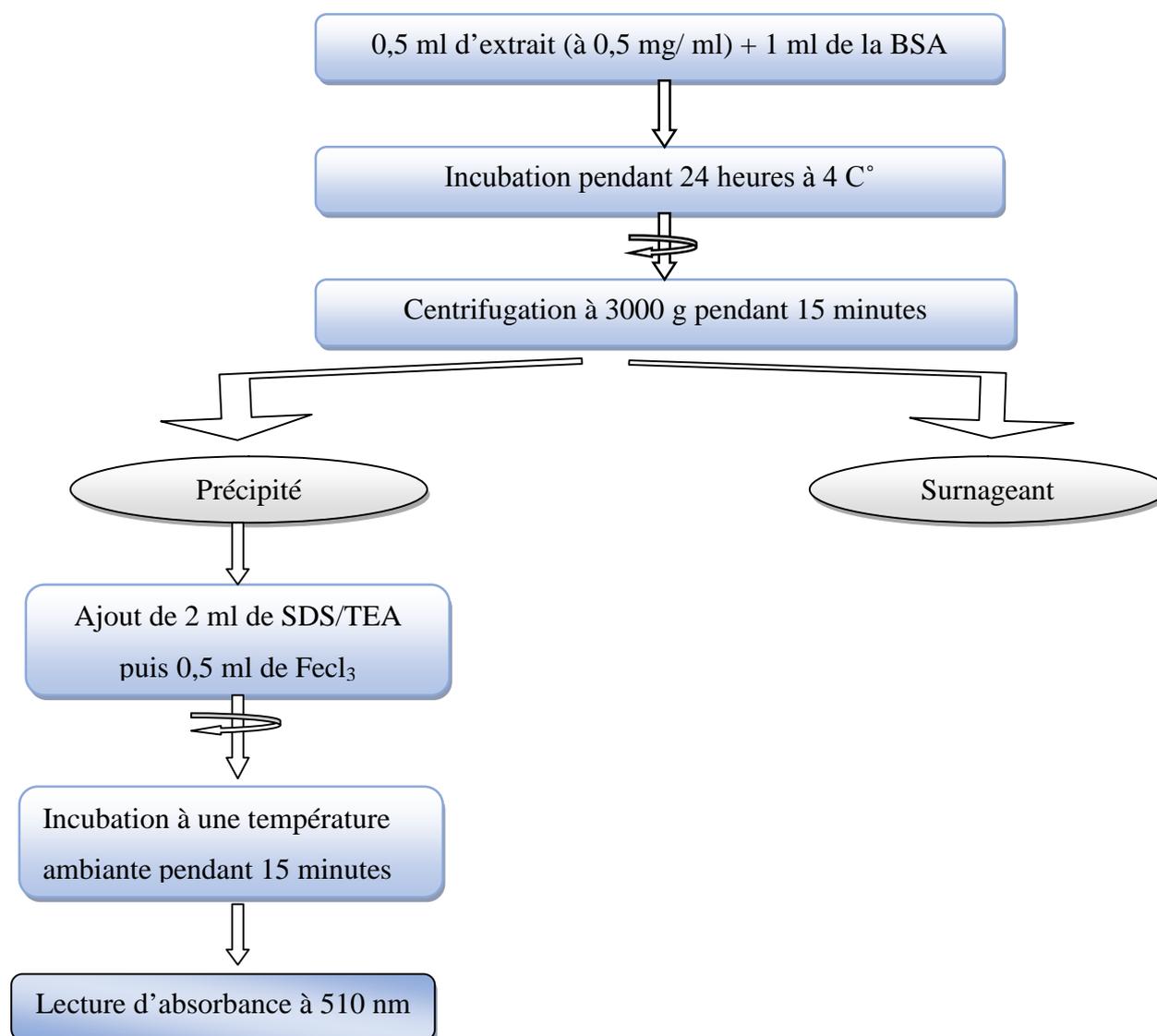


Figure 16: Protocole de dosage des tanins totaux (**Hagerman et Butler, 1978**).

➤ **Expression des résultats**

Une courbe d'étalonnage a été réalisée avec l'acide tannique (Annexe 03) et les concentrations sont déterminées en milligramme équivalent d'acide tannique par gramme d'extrait (mg EAT/ g d'extrait).

II.2.2.3.2. Dosage des proanthocyanidines

Le dosage des proanthocyanidines dans les extraits de fruits de la plante en différents stades de maturation a été effectué suivant la méthode de la vanilline en milieu acide (HCl) décrite par Mélo *et al.* (2006).

➤ **Principe**

La méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités des tanins condensés en présence d'acide chlorhydrique (HCl), pour produire un complexe de couleur rouge mesuré spectrophotométriquement à 500 nm.

➤ **Mode opératoire**

Le protocole suivi est résumé dans la figure suivante :

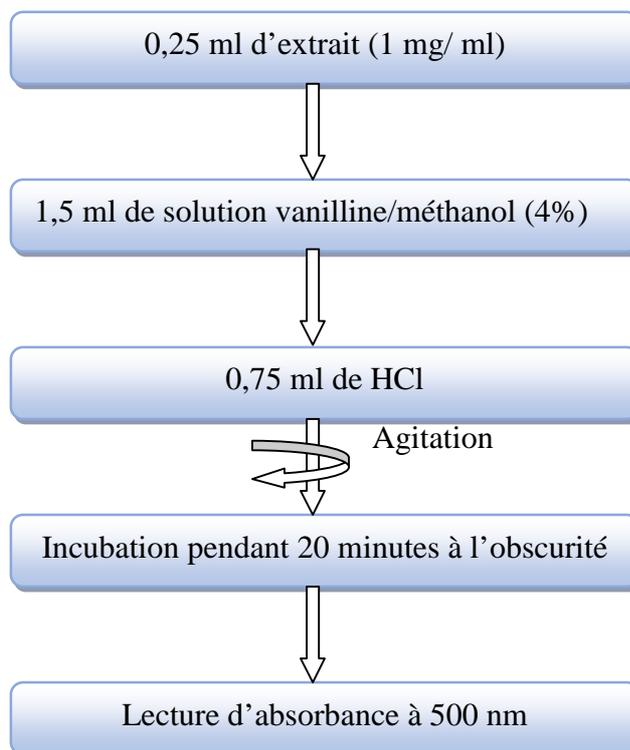


Figure17: Protocole de dosage des proanthocyanidines (Mélo *et al.*, 2006).

➤ **Expression des résultats**

Les taux en proanthocyanidines des extraits sont exprimés en milligramme équivalent de la catéchine par gramme d'extrait (mg EC/g d'extrait), à partir d'une courbe d'étalonnage (Annexe 4) réalisé dans les mêmes conditions expérimentales que les extraits.

II.2.2.4. Dosage des anthocyanes

La teneur en anthocyanes a été mesurée par la méthode du pH différentiel rapportée par **Lee et al. (2005)** et **Jakobek et al. (2007)**, avec quelques modifications.

➤ **Principe**

La méthode est basée sur le fait que les anthocyanes monomériques changent réversiblement de couleur avec la variation du pH. En effet, on passe de la forme flavylium colorée (rouge) à pH= 1,0 à la forme hémiacétale incolore à pH =4,5. La différence entre l'absorbance des pigments anthocyanes à 520 nm est proportionnelle à la concentration en pigments présents dans les extraits.

➤ **Mode opératoire**

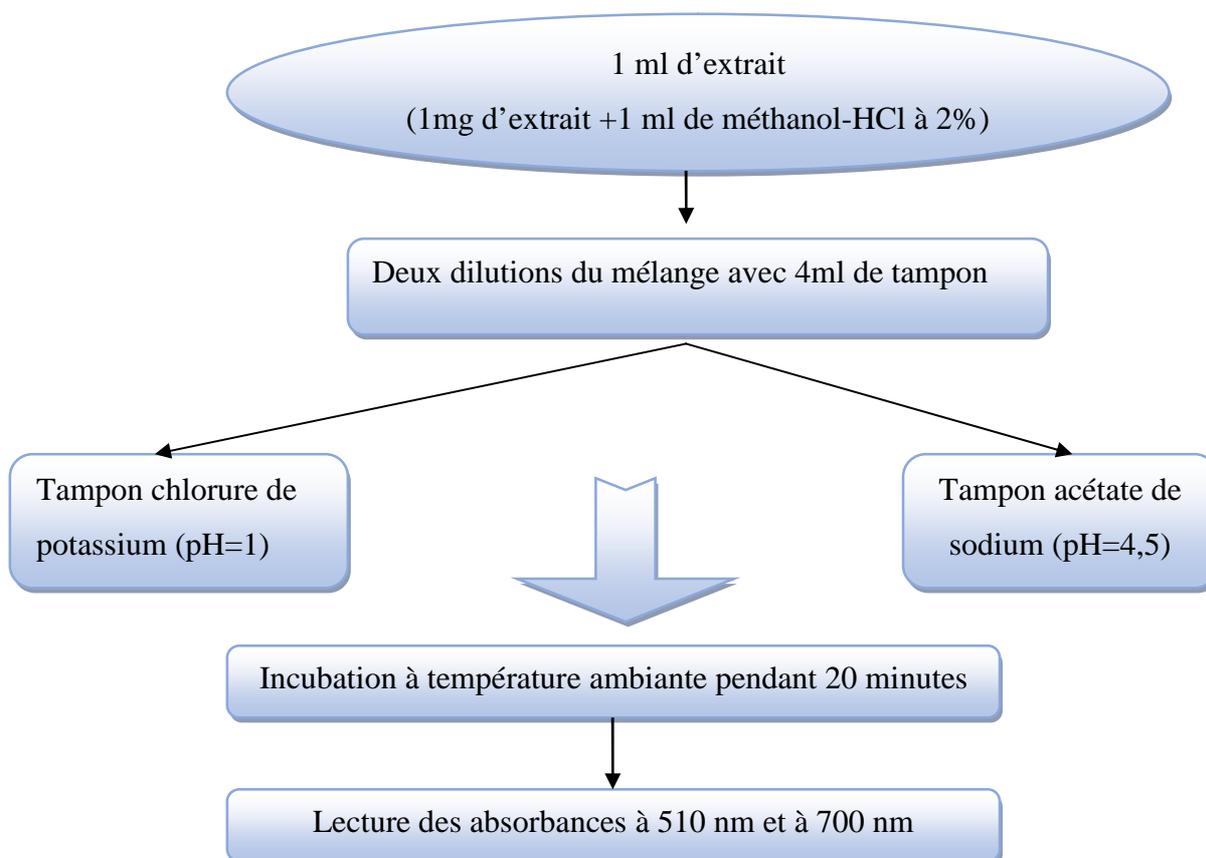


Figure 18: Protocole de dosage des anthocyanes (**Lee et al., 2005; Jakobek et al., 2007**).

➤ Expression des résultats

La teneur en anthocyanines monomériques est exprimée en mg équivalent de cyanidine - 3-glucoside par 100g d'extraits en utilisant le coefficient d'extinction molaire(ϵ) de cyanidine-3-glucoside (Jakobek *et al.*, 2007), selon la formule suivante :

$$[\text{Anthocyanes monomériques}](\text{mg/L}) = (A * \text{MM} * \text{DF} * 10^3) / \epsilon * L$$

Où:

A = ($A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}}$) pH 1,0 – ($A_{510\text{nm}} - A_{700\text{nm}}$) pH 4,5;

MM (masse molaire)= 449,2 g/mole de cyanidine-3-glucoside;

DF : facteur de dilution;

ϵ (coefficient d'extinction molaire)= 26900 L mole⁻¹cm⁻¹;

L (longueur de la cuve)= 1 cm.

II.2.3. Analyse statistique

Une étude statistique des résultats obtenus a été faite dans le but de la mise en évidence des différences significatives entre les stades de maturation à l'aide du logiciel GraphPad prism 5.03, par l'analyse de la variance (ANOVA), suivi du test Tukey (le degré de signification des données est pris à la probabilité de * $p < 0,05$ différence significative, ** $p < 0,001$ différences hautement significatives, *** $p < 0,0001$ différence très hautement significative). Les résultats représentent la moyenne de trois essais \pm écart-type (n=3).

III.1. Résultats

III.1.1. Taux d'extraction

Les taux d'extractions calculés par rapport à la poudre initiale des extraits éthanoliques sont illustrés dans le tableau V

Tableau V: Taux d'extraction des extraits de fruits de *Pistacia lentiscus*

Stade de maturation	Taux d'extraction (%)
Stade 1	4,02
Stade 2	8,43
stade 3	11,40
Stade 4	4,48
Stade 5	3,24
Stade 6	3,45

Les résultats enregistrés dans le tableau V montrent que les taux d'extraction en fonction des différents stades de maturation, sont généralement moyens et varient de 3,24 à 11,40 %. La valeur la plus élevée est observée pour le stade 3 et la plus faible est celle du stade 5.

III.1.2. Dosage des phénols totaux

Les résultats de dosage des phénols totaux dans les extraits éthanoliques à différents stades de maturation des fruits de *Pistacia lentiscus* sont présentés dans la figure 19 :

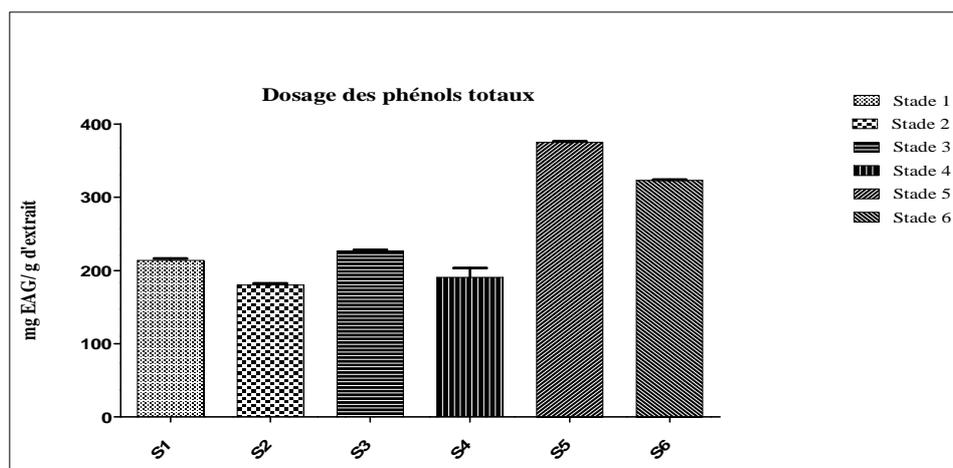


Figure 19: Résultats de dosage des phénols totaux des fruits de *Pistacia lentiscus* en fonction des stades de maturations. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type (n=3).

Les résultats illustrés sur la figure 19 montrent qu'il existe une différence très hautement significative ($p < 0,0001$) entre les teneurs en phénols totaux des différents stades de maturation ; cependant, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les stades suivant : (1-3), (1-4) et entre 2 et 4. La teneur la plus élevée est enregistrée pour le stade 5 ($375,01 \pm 2,33$ mg EAG/g d'extrait) suivi du stade 6 ($323 \pm 1,89$ mg EAG/g d'extrait) et la teneur la plus faible est enregistrée pour le stade 2 ($180,18 \pm 4,06$ mg EAG/g d'extrait).

III.1.3. Dosage des flavonoïdes

Les résultats de dosage des flavonoïdes sont illustrés dans la figure 20 :

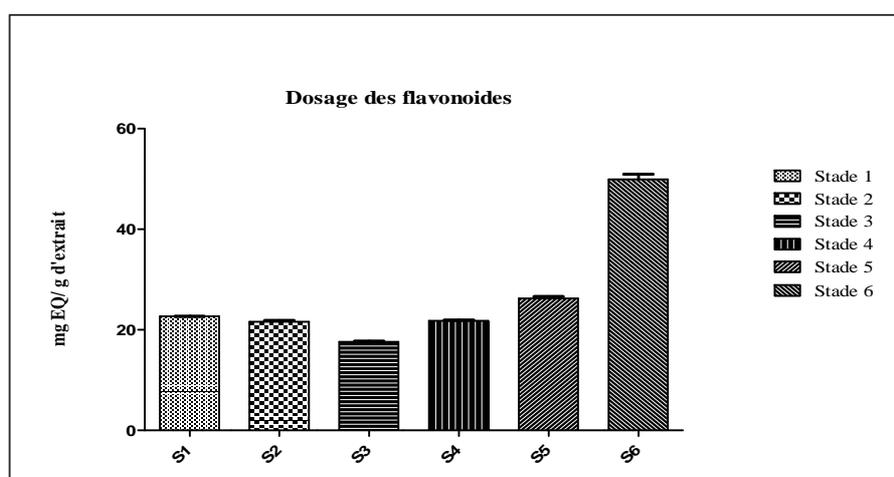


Figure 20: Résultats de dosage des flavonoïdes des fruits de *Pistacia lentiscus* en fonction des stades de maturation. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type ($n=3$).

D'après les résultats illustrés dans la figure ci-dessus, on remarque qu'il existe une différence très hautement significative ($p < 0,0001$) entre les teneurs en flavonoïdes des différents stades de maturation, alors qu'aucune différence significative n'a été enregistrée entre les stades 1 et 2, 1 et 4 et entre 2 et 3. On remarque également que la teneur la plus élevée est enregistré pour le stade 6 ($49,86 \pm 1,79$ mg EQ/g d'extrait), et la teneur la plus faible est enregistrée pour le stade 3 ($17,60 \pm 0,29$ mg EQ/g d'extrait).

II.1.4. Dosage des tanins totaux

Les résultats de dosage des tanins totaux sont représentés dans la figure 21 :

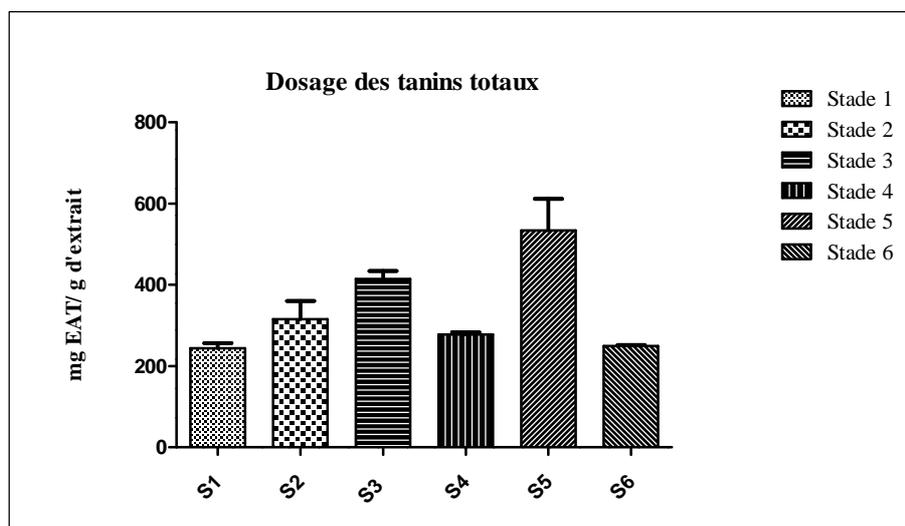


Figure 21: Résultats de dosage des tanins totaux des fruits de *Pistacia lentiscus* en fonction des stades de maturation. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type (n=3).

Ces résultats indiquent la présence d'une différence hautement significative ($p < 0,001$) entre les stades (1-5), (2-5), (4-5), (5-6), par contre aucune différence significative n'a été observée entre le reste des stades. On remarque également que la teneur la plus élevée est enregistrée pour le stade 5 (533,84 \pm 134,31 mg EAT/g d'extrait) suivi du stade 3 (414,30 \pm 34,73 mg EAT/g d'extrait) et la teneur la plus faible est celle du stade 1 (243,99 \pm 20,84 mg EAT/ g d'extrait).

II.1.5. Dosage des proanthocyanidines

La figure 22 montre les résultats obtenus du dosage des proanthocyanidines :

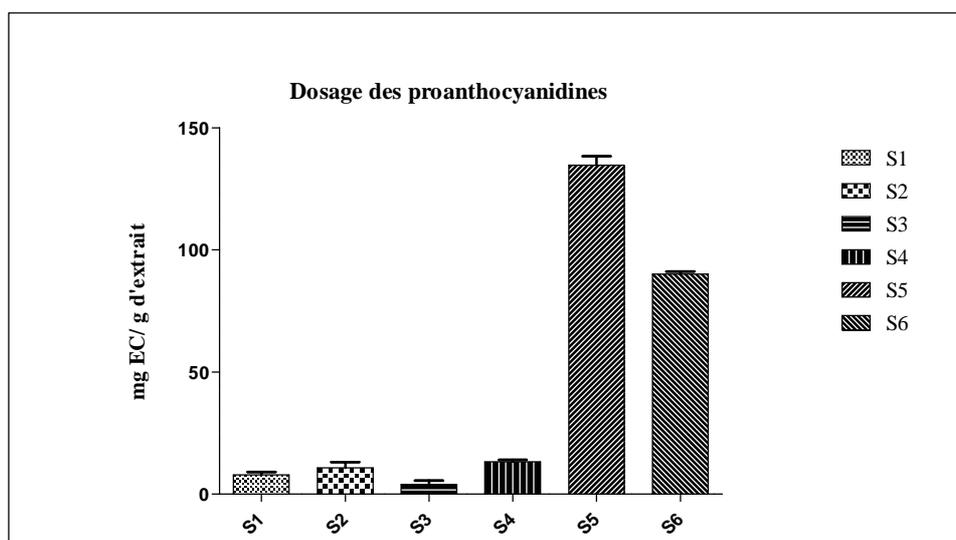


Figure 22: Résultats de dosage des proanthocyanidines des fruits de *Pistacia lentiscus* en fonction des stades de maturation. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type (n=3).

Les résultats ci-dessus montrent la présence d'une différence très hautement significative ($p < 0,0001$) entre les teneurs en proanthocyanidines des différents stades de maturation ; cependant, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les stades suivant : (1-2), (1-3), (1-4), (2-3), (2-4) et entre (3-4). D'après les résultats obtenus, la valeur la plus élevée est celle enregistrée pour le stade 5 ($134,55 \pm 6,38$ mg EC/g d'extrait) suivi du stade 6 ($90,11 \pm 1,76$ mg EC/g d'extrait), alors que la teneur la plus faible est enregistrée pour le stade 3 ($3,93 \pm 2,66$ mg EC/g d'extrait).

II.1.6. Dosage des anthocyanes

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure 23:

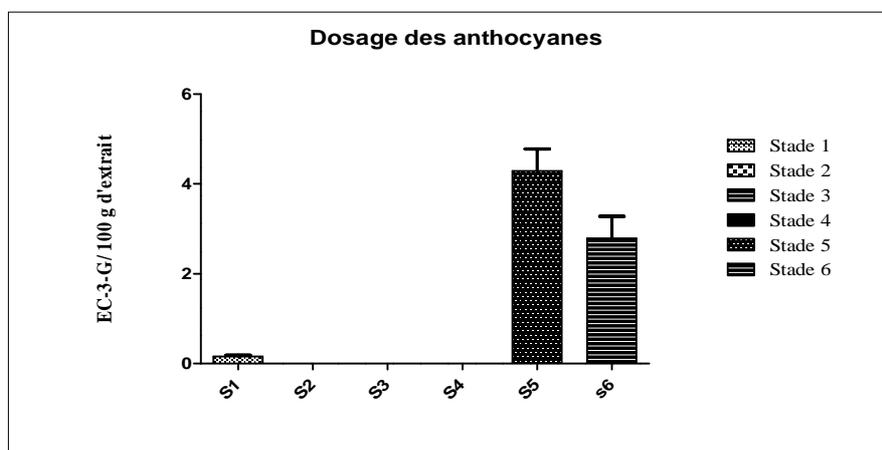


Figure 23: Résultats de dosage des anthocyanes des fruits de *Pistacia lentiscus* en fonction des stades de maturation. Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type (n=3).

Le dosage des anthocyanes monomériques dans les extraits éthanoliques des fruits de *Pistacia lentiscus* à différents stades de maturation a révélé la présence de teneurs notables en anthocyanes dans les stades 1, 5 et 6, marquant ainsi une différence très hautement significative ($p < 0,0001$) dans l'ordre suivant : stade 5 > stade 6 > stade 1 avec des valeurs $4,29 \pm 3,81$; $2,79 \pm 0,85$ et $0,16 \pm 0,043$ mg EC-3-G/ 100 g d'extrait, respectivement. Par ailleurs, aucune valeur n'a été enregistré pour les trois autres stades (S2; S3; S4), ce qui montre qu'ils sont dépourvu d'anthocyanes.

III.2. Discussion

L'éthanol étant connu pour être le solvant par excellence de l'extraction, a donc été utilisé pour extraire le maximum de métabolites secondaires (Nazck et Shahidi, 2004). Les résultats des rendements des extractions obtenus dans la présente étude (tableau V) sont proches de ceux rapportés par Berboucha *et al.*, (2010) et Remila *et al.*, (2015). Les différences observées entre les taux d'extraction sont dues probablement à de divers facteurs notamment l'environnement, la période de récolte et la composition chimique des différents stades de maturation (Nazck et Shahidi, 2004; Trabelsi *et al.*, 2012). En effet, il est difficile de comparer les résultats obtenus avec ceux de la bibliographie car le rendement n'est que relatif et dépend de la méthode et des conditions dans lesquelles l'extraction a été effectuée (Lee *et al.*, 2005).

Les composés phénoliques sont des composés végétaux biologiquement actifs, incluant plusieurs classes notamment les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et les tanins. Ces composés manifestent des activités antioxydantes et anti-radicalaires, qui seraient à l'origine de la réduction de risques de développement de diverses maladies (Behammou *et al.*, 2008; Atmani *et al.*, 2009).

Plusieurs études de caractérisation des extraits de fruits de *Pistacia lentiscus* ont révélés la présence de différents types de métabolites secondaires. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'évolution et la variation des composés phénoliques dans les fruits de *Pistacia lentiscus* au cours de six stades de développement différents.

D'après les résultats de dosage des composés phénoliques, on constate que ces derniers sont présents dans les extraits éthanoliques des fruits de *Pistacia lentiscus*, avec des teneurs variables d'un stade à un autre. Il paraît clairement que les fruits mûrs (stade 5 et 6) de *Pistacia lentiscus* sont les plus riches en composés phénoliques par rapport aux fruits non mûrs (stade 1 et 2). En effet, il a été observé qu'une des caractéristiques des composés phénoliques, qu'ils partagent généralement avec l'ensemble des métabolites secondaires, est de montrer une répartition très inégale chez les différentes espèces végétales et au sein d'une même espèce que ce soit à l'échelle cellulaire ou bien tissulaire (Macheix *et al.*, 2006).

Les teneurs en composés phénoliques peuvent être fortement modifiées sous l'action des facteurs extrinsèques tels que les facteurs géographiques et climatiques, des facteurs génétiques ainsi que des facteurs physiologiques en particulier l'âge des organes et leur degré de maturation (Macheix *et al.*, 2005). Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec les données de la littérature concernant l'extrait éthanolique de *Pistacia lentiscus*,

confirmant ainsi que cette espèce est riche en composés phénoliques (**Benhammou et al., 2008; Ansari et Siddiqui, 2012; Bammou et al., 2015**).

D'après les résultats obtenus du dosage des phénols totaux (figure 19) concernant le stade 6, on constate que les phénols totaux sont présents dans l'extrait éthanolique des fruits de *Pistacia lentiscus* avec une valeur estimée à $298,87 \pm 2,31$ mg EAG/ g d'extrait, en accord avec la bibliographie (**Remila et al., 2015; Mehenni et al., 2016**). D'autre part, le résultat obtenu de l'étude réalisée par **Mehenni et al. (2016)**, sur les feuilles, a montré une très grande teneur en phénols totaux estimée à $517,51 \pm 5,53$ mg EAG/ g d'extrait, largement supérieur à ceux obtenus dans cette présente étude. Cet écart de concentration serait probablement expliqué par les facteurs suivant : la partie de la plante (feuille et fruit) utilisée, la période de récolte et les facteurs climatiques, ainsi que les méthodes d'extraction et de quantification (**Lee et al., 2005**).

Au vu des résultats obtenus du dosage des flavonoïdes (figure 20), l'extrait éthanolique de fruit de *Pistacia lentiscus* concernant le stade 6 à montré une très grande teneur en flavonoïdes estimée à 49,86 mg EQ/ g d'extrait, largement supérieurs à ceux rapportés par **Remila et al. (2015) et Mehenni et al. (2016)**, où les valeurs sont 3,49 et 6,28 mg EQ/ g d'extrait, respectivement. Cependant, nos résultats montrent une augmentation dans la teneur en flavonoïdes au cours de la maturation et ceci est en contradiction avec les résultats obtenus par **Ballistreri et al. (2009)**, dans son étude réalisée sur *Pistacia vera*.

L'étude rapportée par **Mehenni et ses collaborateurs (2016)**, sur les fruits mûrs de *Pistacia lentiscus* montre une concentration en tanins qui est égale à 309,45 mg EAT/g d'extrait, ce qui est moins important que la concentration de 533,84 mg EAT/ g d'extrait obtenue dans notre recherche (figure 21). D'autre part, la concentration obtenue de l'étude menée par **Atmani et al. (2009)**, sur les feuilles de cette même plante, a été estimée à 909,4 mg EAT/ g d'extrait, ce qui dépasse largement nos résultats, dû probablement à la partie de la plante étudié.

De nombreuses études ont permis d'identifier certaines espèces qui sont relativement riches en tanins condensés tels que *Pistacia lentiscus*. Dans ce même sens, les résultats de la recherche menée par **Bammou et al. (2015)**, réalisée sur les feuilles de cette plante montre sa richesse en proanthocyanidines, ce qui est en accord avec les résultats obtenus sur les fruits (figure 22). De plus, l'étude phytochimique réalisée par **Arab et al. (2014)** sur les fruits de *Pistacia lentiscus* indique la richesse de cette partie de plante en tanins galliques.

Les tanins condensés sont considérés comme une sous classe des tanins totaux, il est donc logique que la teneur en tanins totaux des extraits soit directement liée à leur teneur en tanins condensés. Par conséquent, les facteurs agissant sur la teneur en tanins totaux, influencent forcément la composition en tanins condensés.

D'après les résultats obtenus du dosage des anthocyanes (figure 23), on constate qu'ils sont présents dans l'extrait éthanolique des fruits mûrs de *Pistacia lentiscus* avec une valeur estimée à $4,29 \pm 3,81$ mg EC-3-G/100 g d'extrait. On note par ailleurs, que la coloration rouge des fruits est liée à la présence d'anthocyanes. Les écarts observés dans les teneurs en anthocyanes dans nos extraits peuvent être expliqués par le stade de maturation à la récolte. En outre, ces différences peuvent être dues à l'apparition de nouvelles molécules qui sont synthétisés au cours de la maturation. Aussi, selon plusieurs études, la variation dans les taux d'anthocyanes dépend des facteurs génétiques et physiologiques tels que le génotype et les degrés de maturation. L'accumulation des anthocyanes est influencée par les facteurs environnementaux notamment la lumière, la température, la nutrition de la plante et les attaques pathogènes. En effet, la lumière exerce deux effets opposés sur les anthocyanes : *in vivo* au sein de la plante elle favorise leur biosynthèse, alors que, *in vitro* dans les extraits ou les produits elle accélère leur dégradation (Malien-Aubert et Amiot-Carlin, 2006).

Nos résultats sont proches de ceux obtenus dans l'étude menée par Longo *et al.* (2007), qui a rapporté une teneur de 5,4 mg / 100 g de matière végétale fraîche; ces même auteurs ont démontré la dominance de trois anthocyanes, à savoir : Cyanidine 3-O-glucoside ; Delphinidine 3-O-glucoside et cyanidine 3-O- arabinoside dans ces fruits.

Une autre étude réalisée par Fabiani et ses collaborateurs (2013), sur trois variétés cultivés de *Pistacia vera*, en utilisant la même méthode a montré les teneurs suivantes : $0,7 \pm 0,1$; $0,9 \pm 0,1$ et $1,2 \pm 0,3$ (g EC-3-G/ 100 g de matériel végétal), respectivement. La faible teneur en anthocyanes monomériques dans nos extraits est due probablement à la sensibilité de la méthode d'analyse utilisée, à l'instar des résultats de Ballisteri *et al.* (2009), ($15,1 \pm 1,2$ mg EC-3-G/100 g d'extrait), supérieurs à nos résultats.

Par ailleurs, le changement de couleur entre les stades de maturation des fruits peut être expliqué par le changement de structure des anthocyanes, donc la couleur est due à un anthocyane particulier. Les concentrations en anthocyanes atteint un maximum lors de la maturité, devenant ensuite peu stable et tendant à s'oxyder et à se combiner avec d'autre molécules, ce qui diminue leurs concentrations (Macheix *et al.*, 2006).

Les plantes médicinales restent une source fiable des molécules actives, ayant montré leurs efficacités dans le traitement de diverses pathologies, tout en prévenant l'apparition des effets secondaires observés lors de l'utilisation des médicaments de synthèse. *Pistacia lentiscus* possède un pouvoir pharmacologique aux nombreuses indications thérapeutiques.

L'étude quantitative des fruits de *Pistacia lentiscus* nous a permis de déduire que la composition phénolique des fruits varie selon le stade de maturation. En effet, les fruits à la maturité complète sont plus riches en phénols où la fraction dominante est celle des tanins. De plus, chaque groupe de composés phénoliques a évolué au cours de la croissance selon une cinétique qui lui est propre, ce qui a conduit alors à des proportions variables des différents composés phénoliques en fonction du stade physiologique atteint.

Ces résultats restent préliminaires et doivent être orientés vers une étude d'identification et de quantification afin de révéler l'apparition de nouvelles molécules autres que les flavonoïdes, les tanins et les anthocyanes qui sont synthétisés au cours de la maturation et qui participent à l'évolution de la fraction phénolique des fruits de *Pistacia lentiscus*.

Il serait intéressant de faire des études complémentaires pour comprendre les mécanismes moléculaires et cellulaires de cette variation, car une bonne connaissance sur la répartition et la teneur en composés phénoliques dans les différents tissus et organes végétaux au cours de la maturation est souvent essentielle pour orienter l'utilisation que l'Homme souhaite en faire. Aussi, il serait utile de tenter de comprendre l'effet de la maturation des fruits sur leurs nombreuses propriétés pharmacologiques.

Abdelwahab A., Bouhlel I., Skandrani I., Valenti K., Kadri M., Guiraud P., Steiman R., Mariotte A.M., Ghedira K., Laporte F., Dijoux-Franca M.G. and Chekir-Ghedira L. (2007). Study of antimutagenic and antioxidant activities of Gallic acid and 1, 2, 3, 4, 6-pentagalloylglucose from *Pistacia lentiscus*: Confirmation by microarray expression profiling. *Chemico-biological interactions*, **165**: 1-13.

Ait Said S., Fernandez C., Greff S., Torre F., Derridj A., Gauquelin T. and Mevy J.P. (2011). Inter-Population Variability of Terpenoid Composition in Leaves of *Pistacia lentiscus* L. from Algeria: A Chemoecological Approach. *Molecules*, **16**: 2646-2657.

Al-Habbal J.M., Al-Habbal Z. and Umer Huwez F. (1984). A Double-Blind Controlled Clinical Trial of Mastic and Placebo in the Treatment of Duodenal Ulcer. *Clinical and experimental pharmacology and physiology*, **11**: 541-544.

AL-Saghir M.G. (2006). *Phylogenetic analysis of the genus Pistacia (Anacardiaceae)*. Doctoral dissertation, Biological sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, p.113.

Ansari N.S.H. and Siddiqui A.N. (2012). *Pistacia lentiscus*: a review on phytochemistry and pharmacological properties. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, **4**: 16-20.

Arab K., Bouchenak O. and Yahiaoui K. (2014). Phytochemical Study and Evaluation of the Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oils and Phenolic Compounds of *Pistacia Lentiscus*. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, **6**:77-91.

Atmani D., Chaher N., Atmani D., Berboucha M., Debbache N. and Boudaoud H. (2009). Flavonoids in Human Health: From Structure to Biological Activity. *Current Nutrition & Food Science*, **5**: 225-237.

Atmani D., Chaher N., Berboucha M., Ayouni K., Lounis H., Boudaoud H., Debbache N. and Atmani D. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, **112**(2): 303–309.

Ballistreri G., Arena E. and Fallico B. (2009). Influence of Ripeness and Drying Process on the Polyphenols and Tocopherols of *Pistacia vera* L. *Molecules*, **14**: 4358-4369.

Bammou M., Daoudi A., Slimani I., Najem M., Bouiamrine E.H., Ibijbijen J. and Nassiri L. (2015). Valorisation du lentisque «*Pistacia lentiscus L.*»: Étude ethnobotanique, Screening phytochimique et pouvoir antibactérien. *Journal of Applied Biosciences*, **86**: 7966-7975.

Bashir H.A and Abu-Goukh A.B.A. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*. **80**: 557–563

Bellakhder J. (1997). *La pharmacopée marocaine traditionnelle médecine, Médecine arabe ancienne et savoirs populaires*. Casablanca: Le fenec. 764 p.

Belhadj S. (2001). Les pistacheraies algériennes : Etat actuel et dégradation. *Option méditerranéennes*, **56**: 107-109.

Ben Douissa F., Hayder N., Chekir-Ghedira L., Hammami M., Ghedira K., Mariotte A.M. and Dijoux-Franca M.G. (2005). New study of the essential oil from leaves of *Pistacia lentiscus L.* (Anacardiaceae) from Tunisia. *Flavour and fragrance journal*, **20**: 410-414.

Benhammou N., Bekkara F.A. and Panovska T.K. (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of the *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* extracts. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*. **2**: 22-28.

Berboucha M., Ayouni K., Atmani D., Atmani D. and Benboubetra M. (2010). Kinetic Study on the Inhibition of Xanthine Oxidase by Extracts from Two Selected Algerian Plants Traditionally Used for the Treatment of Inflammatory Diseases. *Journal of Medicinal Food*, **13**: 1-9.

Botineau M. (2015). *Guide des plantes à fruits charnus comestibles et toxiques*. Paris: Lavoisier. 174 p.

Bruneton J. (1999). *Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales*. Paris : Technique et Documentation-lavoisier, 3 ème édition. 1120 p.

Castañeda-Ovando A., Pacheco-Herndàez M.L., Pàez-Herndàez M.E., Rodrigues J.A. and Gàlàn-Vidal C.A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, **113**: 859-871.

Charef, M., Yousfi M., Saidi M. and Stocker P. (2008). Determination of the fatty acid composition of acorn (*Quercus*), *Pistacia lentiscus* seeds growing in Algeria. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **85**(10): 921-924.

Chaing, H.S.; Juilo, Y. & Lu, F.J. (1994). Xanthine oxidase inhibitors from the leaves of *Alsophila Spinulosa* (hook) Tryon. *Journal of Enzyme Inhibition*, **8**(1):61-71.

Chira K., Suh J., Saucier C. and Teissèdre P. (2008). Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, **6**:75-82.

Djeridane A., Yousfi M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P. and Vidal N. (2006). Antioxydant activity of some Algerian medicinal plant extract containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, **97**: 654-660.

Fabiani M., Lunaa L., Baroni M., Monferran M., Ighani M., Tapiaa A. and Wunderlin D. (2013). Pistachio (*Pistacia vera* var Kerman) from Argentinean cultivars. A natural product with potential to improve human health. *Journal of Functional Foods*, **5**: 1347-1356.

Fleuriet A., Uhel C. and Dedaldechamp F. (1996). Les composés phénoliques et la qualité des produits d'origine végétale consommés par l'homme. *Acta Botanica Gallica*, **143**(6): 493-500.

Garon D. and Guéguen J.C. (2014). *Biodiversité et évolution du monde végétal*. France : EDP Sciences. 289 p.

Ghedira K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriété biologique, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, **4**: 162-169.

Hagerman A.E. and Bulter I.G. (1978). Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *Agriculture and Food Chemistry*. **26**: 809-812.

Ignat I., Volf I. and Popa V.I. (2011). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food chemistry*, **126**: 1821-1835.

Jackobek L., Šeruga M., Novak I. and Medvidovic-Kosanovic M. (2007). Flavonols, Phenolic acids and Antioxidant Activity Of Some Red Fruits. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*. **103**: 369-378.

Jovanovic S.V., Steenken S., Tosic M., Marjanovic B., Simic M.G. (1994). Flavonoids as antioxidants. *Journal of the American Chemistry Society*, **116**: 4846-4851.

Kordali S., Cakir A., Zengin H. and Duru M.E. (2003). Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey. *Fitoterapia*, **74** :164-167.

Lee J., Barnes K.W., Eisele T., Giusti M.M., Haché J., Hofsommer H., Koswig S., Krueger D.A., Kupina S., Martin S.K., Martinsen B.K., Miller T.C., Paquette F., Ryabkova A., Skrede G., Trenn U. and Wightman J.D. (2005). Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, **88**: 1269-1277.

Ljubuncic P., Song H., Cogan U., Azaizeh H. and Bomzon A. (2005). The effects of aqueous extracts prepared from the leaves of *Pistacia lentiscus* in experimental liver disease. *Journal of Ethnopharmacology*, **100**: 198-204.

Longo L., Scardino A. and Vasapollo G. (2007). Identification and quantification of anthocyanins in the berries of *Pistacia lentiscus* L., *Phillyrea latifolia* L. and *Rubia peregrina* L. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **8**(3): 360-364.

Macheix J.J., Fleuriet A. and Jay-Allemand C. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 192 p.

Machiex J.J., Fleuriet A. and Sarni-Manchado P. (2006). Composés phénolique dans la plante - Structure, biosynthèse, répartition et rôles. In: Sarni-Manchado, P. and Cheynier, V. *Les polyphénols en Agroalimentaire*. Paris : Technique et Documentation- lavoisier. P.1-26.

Mahmoudi S., Khali M. and Mahmoudi N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L). *Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, **09**: 35-40.

Malien-Aubert C. and Amiot-Carlin M.J. (2006). Pigments phénoliques- structures, stabilité, marché des colorants naturels et effets sur la santé. In: Sarni-Manchado, P. and Cheynier, V. *Les polyphénols en Agroalimentaire*. Paris : Technique et Documentation- lavoisier. P. 296-333.

Maurice N. (1997). *L'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXIe siècle*. Paris: Lavoisier. 12-14 p.

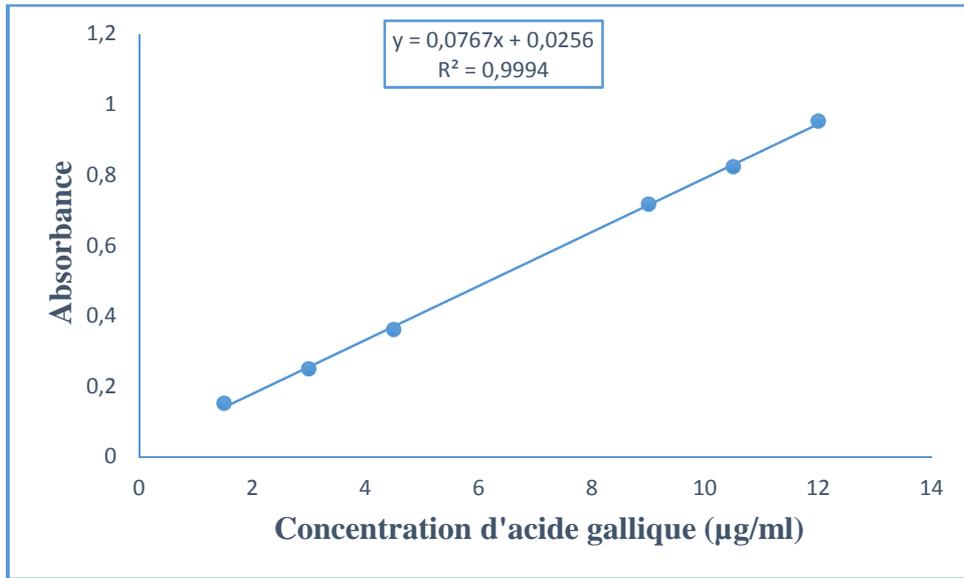
- Maksimović Z., Malenčić Đ. And Kovačević N. (2005).** Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. *Bioresource technology*, **96**(8): 873-877.
- Mehenni C., Atmani-Kilani D., Dumarcay S., Perrin D., Gérardin P. and Atmani D. (2016).** Hepatoprotective and antidiabetic effects of *Pistacia lentiscus* leaf and fruit extracts. *Journal of food and drug analysis*, **24**: 653- 669.
- Mélo E.A., Lima V.L.A.G . and Maciel M.I.S. (2006).** Polyphenol, Ascorbic Acid and Total Carotenoid Contents in Common Fruits and Vegetables. *Braz, Journal of Food Tecnology*, **9**(2): 89-94.
- Mezni F., Slama A., Ksouri R., Hamdaoui B., Khouja M.L. and Khaldi A. (2018).** Phenolic profile and effect of growing area on *Pistacia lentiscus* seed oil. *Food Chemistry*, **257**: 206-210.
- Nacz M. and Shahidi F. (2004).** Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, **1054**: 95-111.
- Palevitch D. and Yaniv Z. (2000).** Medicinal plants of the Holy Land. *Modan Publishing House*, **104**: 266-269.
- Pietta P.G. (2000).** Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Production*, **63**: 1035-1042.
- Remila S., Atmani-Kilani D., Delemasure S., Connat J.L., Azib L., Richard T. and Atmani D. (2015).** Antioxidant, cytoprotective, anti-inflammatory and anticancer activities of *Pistacialentiscus* (Anacardiaceae) leaf and fruit extracts. *European Journal of Integrative Medicine*, **7**(3): 274-286.
- Ribéreau-Gayon P. (1968).** *Les composés phénoliques des végétaux*. Paris: Dunod.173-201p.
- Romani A., Pinelli P., Galardi C., Mulinacci N. and Tattini M. (2002).** Identification and quantification of galloyls derivatives, flavonoid glycosides and anthocyanins in leaves of *Pistacia lentiscus* L. *Phytochemical Analysis*, **13**: 79-86.
- Tsuda T. (2012).** Dietary anthocyanin-rich plants : Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Journal of Nutrition Science Vitaminol*, **56**:159-170.

Trabelsi H., Cherif O.A., Sakouhi F., Villeneuve P., Renaud J., Barouh N., Boukhechina S. and Mayer P. (2012). Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. *Food chemistry*, **131**: 434-440.

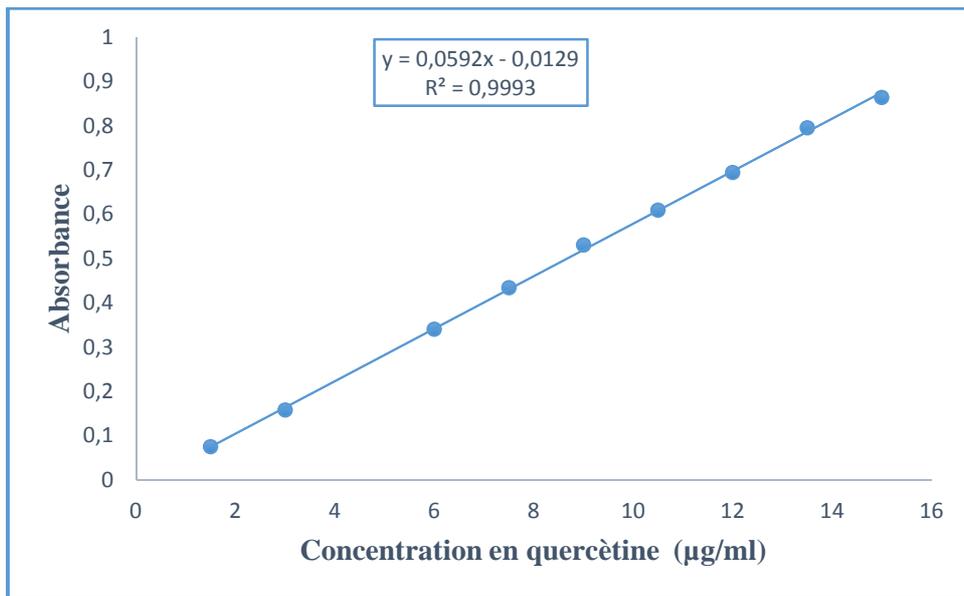
Van den Berg K.J., Van der Horst J., Boon J.J. and Sudmeijer O. (1998). Cis-1,4- poly- β -myrcene; the structure of the polymeric fraction of mastic resin (*Pistacia lentiscus* L.) Elucidated. *Tetrahedron letters*, **39**: 2645-2648.

Vaya J. and Mahmood S. (2006). Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *Biofactors*, **28**: 169-175.

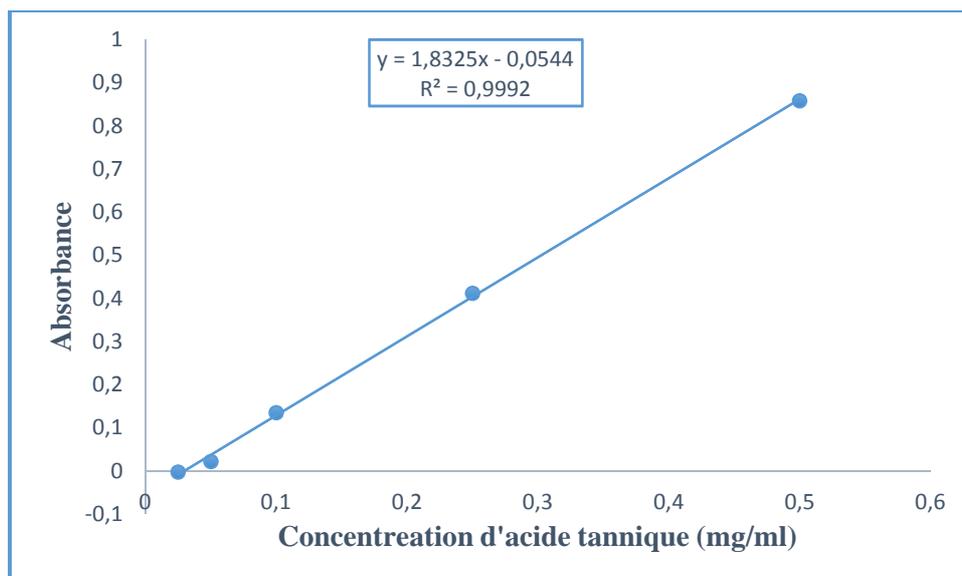
Villar A., Sanz M.J. and Paya M. (1987). Hypotensive effect of *Pistacia lentiscus* L. *International Journal of Crude Drug Research*, **25**(1): 1-3.



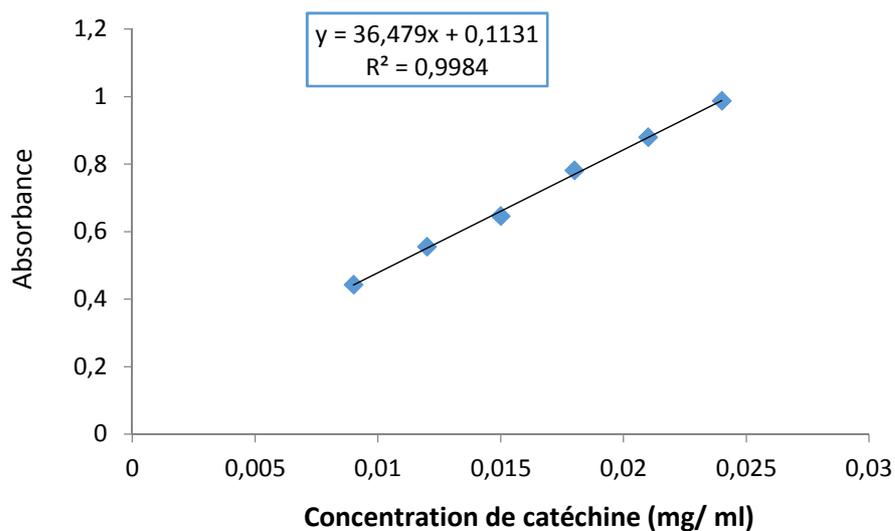
Annexe 1: Courbe d'étalonnage avec l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux.



Annexe 2: Courbe d'étalonnage avec la quercétine pour le dosage des flavonoïdes.



Annexe 3 : Courbe d'étalonnage avec l'acide tannique pour le dosage des tanins totaux.



Annexe 4 : Courbe d'étalonnage avec la catéchine pour le dosage des tanins condensés (proanthocyanidines).

Annexe 5: Préparations des solutions et du tampon de dosage des composés phénoliques

Solutions	Réactifs
Solution carbonate de sodium à 20% (dosage des phénols totaux)	20 g de carbonate de sodium (Na_2CO_3) dans 100 ml d'eau distillée
Solution chlorure d'aluminium (AlCl_3) (dosage des flavonoïdes)	133 mg d' AlCl_3 + 400 mg d'acétate de sodium ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$) dans 100 ml d'eau distillée
Solution de BSA (dosage des tanins)	1mg/ml de BSA dissout dans le tampon (A)
Tampon (A)	0,2 M d'acide acétique avec 0,17 M de NaCl, ajusté à pH=4,9
SDS/TEA	5% (v/v) de TEA avec 1% (p/v) de SDS (50 ml de TEA, 10g de SDS ajusté à 1 litre d'eau distillée
Réactif de chlorure ferrique (FeCl_3)	1.72 g de FeCl_3 est dissout dans 0,01 M de HCl
Tampon chlorure de potassium (pH=1) (dosage des anthocyanes)	1,86 g de KCl (0,025M) dans 1 L d'eau distillé, mesure du pH et ajusté a pH=1 ($\pm 0,05$) avec du HCl
Tampon acétate de sodium (pH= 4,5) (dosage des anthocyanes)	54,43 g d'acétate de sodium (0,4 M) dans 1 L, mesure du pH et ajuster a pH=4,5 ($\pm 0,05$) avec du HCl

Résumé

Pistacia lentiscus (Anacardiaceae) plante commune des régions méditerranéennes est utilisée traditionnellement pour traiter différents pathologies. Cette étude avait pour objectif de doser les composés phénoliques dans les extraits éthanoliques des fruits de *Pistacia lentiscus* à différents stades de maturation, par des méthodes colorimétriques appropriées.

Les résultats obtenus de l'étude phytochimique indiquent la richesse des fruits de *Pistacia lentiscus* en composés phénoliques ainsi que leurs variations en fonction des stades de maturation. La teneur en phénols totaux varie de $180,18 \pm 4,06$ jusqu'à $575,01 \pm 2,33$ mg EAG/ g d'extrait. Les flavonoïdes représentent une variation de $17,60 \pm 0,29$ jusqu'à $49,86 \pm 1,79$ mg EQ/ g d'extrait, les tanins quant à eux varient de $243,99 \pm 20,84$ jusqu'à $533,84 \pm 134,31$ mg EAT/ g d'extrait. Les proanthocyanidines varient de $3,93 \pm 2,66$ jusqu'à $134,55 \pm 6,38$ mg EC/ g d'extrait. Les anthocyanes à leurs tour varient de $0,16 \pm 0,04$ jusqu'à $4,29 \pm 3,81$ mg EC3-G/ 100 g d'extrait.

D'après ces résultats, nous pouvons déduire que chaque groupe de composés phénoliques varie au cours de la maturation selon une cinétique qui lui est propre. Cette étendue de variation des taux en divers composés secondaire peut être à l'origine de la diversité des propriétés de fruits de *Pistacia lentiscus*.

Mots clés : *Pistacia lentiscus* ; Maturation ; Composés phénoliques ; Dosage.

Abstract

Pistacia lentiscus (Anacardiaceae), common in the Mediterranean regions, is widely used for the treatment of various diseases. the aim of this study was to determine the phenolic compounds in the ethanolic extracts of *Pistacia lentiscus* fruits at different stages of ripening, using appropriate colorimetric methodology.

The results of the phytochemical study indicated the richness of *Pistacia lentiscus* fruits in phenolic compounds as well as their variations according to maturation stages. The total phenol content varied from 180.18 ± 4.06 to 575.01 ± 2.33 mg EAG/ g of extract, flavonoids from 17.60 ± 0.29 to 49.86 ± 1.79 mg EQ/ g of extract, tannins from 243.99 ± 20.84 to 533.84 ± 134.31 mg EAT/ g of extract, proanthocyanidines from 3.93 ± 2.66 to 134.55 ± 6.38 mg EC/ g of extract and anthocyanins from 0.16 ± 0.04 to 4.29 ± 3.81 mg EC3-G/ 100g of extract.

From these results we can deduce that each group of phenolic compounds varies during maturation according to a specific kinetics. This large variation in the amounts of secondary metabolites may be responsible for the diversity of properties of the fruits of *Pistacia lentiscus*.

Keywords: *Pistacia lentiscus* ; Repening ; Phenolic compounds ; Dosage.

ملخص

Pistacia lentiscus (فصيلة البطميات) نبات شائع في المناطق المتوسطية يستخدم تقليديا لمعالجة مختلف الأمراض. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد المركبات الفينولية في المستخلصات الايثانولية لثمار *Pistacia lentiscus* في مراحل مختلفة من النضج باستخدام طرق لونية مناسبة.

النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة الكيميائية للنبات تشير الى ثراء ثمار *Pistacia lentiscus* بالمركبات الفينولية وكذلك اختلافاتها وفق مراحل النضج. يتراوح محتوى الفينولات الكلية من $180,18 \pm 4,06$ إلى $575,01 \pm 2,33$ مغ EAG / غ من المستخلص. الفلافونويدات تمثل اختلافا من $17,60 \pm 0,29$ إلى $49,86 \pm 1,79$ مغ EQ/ غ من المستخلص , في حين أن التانينات تختلف من $243,99 \pm 20,84$ إلى $533,84 \pm 134,31$ مغ EAT/ غ من المستخلص. البروأنتوسيانيدينات تختلف من $3,93 \pm 2,66$ إلى $134,55 \pm 6,38$ مغ EC/ غ من المستخلص . الانتوسيانينات في المقابل تختلف من $0,16 \pm 0,04$ إلى $4,29 \pm 3,81$ مغ EC-3-G/ 100 غ من المستخلص .

من هذه النتائج يمكننا ان نستنتج ان كل مجموعة من المركبات الفينولية تختلف أثناء النضج وفقا لحركتها الخاصة. هذا المدى من الاختلاف في نسب المركبات الثانوية قد يكون مسؤولا عن تنوع خصائص ثمار *Pistacia lentiscus*.

الكلمات المفتاحية: *Pistacia lentiscus*; النضج; الفينولية المركبات; تجريب